

■ Cet ouvrage s'adresse à ceux qui pour la mise en oeuvre d'une fabrication veulent comprendre et/ou utiliser les machines de transformation de la matière.

■ Ce guide pratique expose simplement et avec rigueur, les procédés, règles et outils fondamentaux, y compris la Commande Numérique, sans lesquels la maîtrise du Fraisage ne peut s'acquérir.

■ Clair, structuré, illustré de nombreux croquis, il est accessible à tous (élèves de lycées professionnels, auditeurs de la formation continue, etc.).

Collection Guides pratiques industriels :

- Guide pratique de la productique
A. CHEVALIER, J. BOHAN, A. MOLINA
- Guide pratique du dessin technique
A. CHEVALIER
- Guide pratique de l'électronique
R. BOURGERON
- Guide pratique de l'usinage - 1. Fraisage
L. RIMBAUD, G. LAYES, J. MOULIN
- Guide pratique de l'usinage - 2. Tournage
J. JACOB, Y. MALESSON, D. RICQUE
- Guide pratique de l'usinage - 3. Ajustage-Montage
P. PLASSARD, G. DEFOUR, G. POBLE

design graphique GRAPHIC photo NUM

16/6317/8



782010 189005

Imprimé en France S.S.Q.I. - PARIS

HACHETTE
Technique

L. RIMBAUD, G. LAYES
J. MOULIN

GUIDE PRATIQUE DE L'USINAGE

1. FRAISAGE



HACHETTE
Technique

TABLE DES MATIÈRES

1 Découvrir les machines ..	6	18 Fraiser des spirales	132
2 Découvrir l'outil	10	19 Tailler des crémaillères ..	144
3 Affûter les fraises	20	20 Fraiser des faces obliques	156
4 Régler les jeux	26	21 Percer - Aléser	164
5 Connaître le mode d'action des fraises	34	22 Réaliser des opérations de fraisage	170
6 Orienter la broche	43	23 Usiner sur une fraiseuse à commande numérique ..	199
7 Aligner l'axe de la broche	46		
8 Contrôler les déplacements	50		
9 Déterminer les conditions de coupe	54		
10 Bloquer les pièces	58		
11 Diviser avec la méthode simple	70		
12 Diviser avec la méthode composée	77		
13 Diviser avec la méthode différentielle	81		
14 Fraiser avec le plateau circulaire	92		
15 Fraiser des hélices	102		
16 Tailler des engrenages cylindriques droits	114		
17 Tailler des engrenages			

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays.

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes des articles L. 122-4 et L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et, d'autre part, que « les analyses et les courtes citations » dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite ».

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français de l'exploitation du droit de copie (3, rue Hautefeuille 75006 Paris), constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

INDEX

Abaque 55
 Alésiors 165
 Alidade 72-73
 Alignement (procédés d') 46
 Angles de coupe des fraises. 10-11-12
 Angle de pression 114-115
 Angle rentrant 182
 Angles d'affûtage 20
 Annulation de correction d'outil
 (G40) 218-220-221
 Appuis 58-62
 Arbres porte-fraise 18-19
 Avances 56
 Avances en interpolation
 circulaire 220-221-222

 Barre d'alésage 168
 Barre-sinus 156-157
 Bloc d'information 202
 Brides 62-63-64

 Cames 132-133
 Centreur (à comparateur) 48-49
 Chariot (C.T., C.L., C.V.) 8
 Circulaire (plateau) 67-92
 Concordance (fraisage en) 40
 Cône Morse 18-19
 Cône S.A. 16
 Correcteurs dynamiques. 235-236-237
 Corrections de rayon d'outil
 (G41-G42) 218-219-220-221
 Coulisseau 183
 Coupe (temps de) 57
 Crabots 194
 Crémaillères 144
 Cycle alésage G85 226-227
 Cycle (annulation G80) 222

Cycle perçage G81 222-223
 Cycle perçage chambrage G82 222-223
 Cycle perçage profond G83 . 224-225
 Cycle de poche G45 227-228
 Cycle de taraudage G84 226
 Cycloïde 38-39

D.C.N. 199
 Degrés (de liberté) 58
 Dents (d'engrenages) 117
 Dépouille (angle de) 12-20
 Détourage (intérieur) 190
 Développante de cercle 114-115
 Diviseur 67
 Division composée 77
 Division différentielle 81
 Division linéaire 146
 Division simple 70

Engrenages (cylindriques droits) . 114
 Engrenages (cylindriques
 hélicoïdaux) 124
 Entailles 179-180
 Épaulement droit 175
 Étau 65

Fonctions G (tableau des) ... 210-211
 Fonctions M (tableau des) 212
 Format des données (tableau) 213-214
 Format d'un mot 202
 Fraisage (de face) 36
 Fraisage (de profil) 36
 Fraisage (incliné) 156
 Fraises 14-15
 Fraiseuses 7

Hélice 102
 Hélicoïdal (fraisage) 102

INDEX

Interpolations circulaires
 G02-G03 216-217-218
 Interpolation linéaire programmée
 G01 215
 Interpolation linéaire rapide G0 214-215

Jeux (de fonctionnement) 26-27

Lamage 168-169
 Lecteur (optique) 52-53
 Longueur d'un outil (en C.N.) 234-235
 Lunette (optique) 48, 97
 Lyre 151

Mandrin (à pince) 18-19
 Mandrin (porte-fraise) 17
 Meule (boisseau) 21-24
 Meule (plate) 25
 Modes (de fraisage) 36
 Mode POM 228
 Module 114

Opposition (fraisage en) 40
 Origine mesure 204-205
 Origine pièce 204-205
 Origine programme 204-205
 Orthonormé (référentiel) 8

Parallélépipède 170
 Passe (profondeur) 56
 Pied-module 119
 Plans (de l'outil en main) 10
 Plans d'interpolation circulaire
 G17-G18-G19 216-217
 Plateau (à trous) 74
 Plateau (magnétique) 66
 Pointage 165

Pointeau-manivelle 70-71-74
 PREF et DEC I 204-205-231-232
 PREF X et Y 228-229-230-231-232
 PREF Z 232-233
 Programmation absolue .. 204-206-207
 Programmation relative .. 204-206-209

Queue d'aronde 184

Rainure (à té) 181
 Rainure (de clavette) 192
 Rainure (en vé) 186-189
 Rattrapage (des jeux) 28
 Réduites (méthode des) 108-109
 Réglage (à inversion) 30
 Règle-sinus 44-45
 Réticule 48-53

Spirale (fraisage en) 132
 Structure d'un mot 202
 Surfaces (courbes) 196
 Systèmes d'axes en C.N. 200-201

Taillage (crémaillères) 153
 Taillage (engr. cylind. droits) ... 122
 Taillage (engr. cylind. hélicoïdaux) 130
 Temps (de coupe) 57
 Tenon 176-177
 Tête à aléser 168-169
 Travail (de forme) 34
 Travail (d'enveloppe) 34

Vérin 62-63
 Visualisation (numérique) 52
 Vitesse (de coupe) 54
 Vitesse (de rotation) 54

1.1 DÉFINITION

Le fraisage est un procédé d'usinage réalisable sur des machines-outils appelées fraiseuses. Ces machines sont de divers types.

1.1.1 PRINCIPE

■ L'outil est toujours animé d'un mouvement de rotation sur son axe **Mc**. Il est situé et bloqué sur un système porte-fraise, lui-même fixé dans la broche de la machine.

■ Un ensemble de chariots, se déplaçant suivant trois axes orthogonaux, permet d'animer la pièce d'un mouvement d'avance dans l'espace : **Mf**.

1.1.2 POSSIBILITÉS

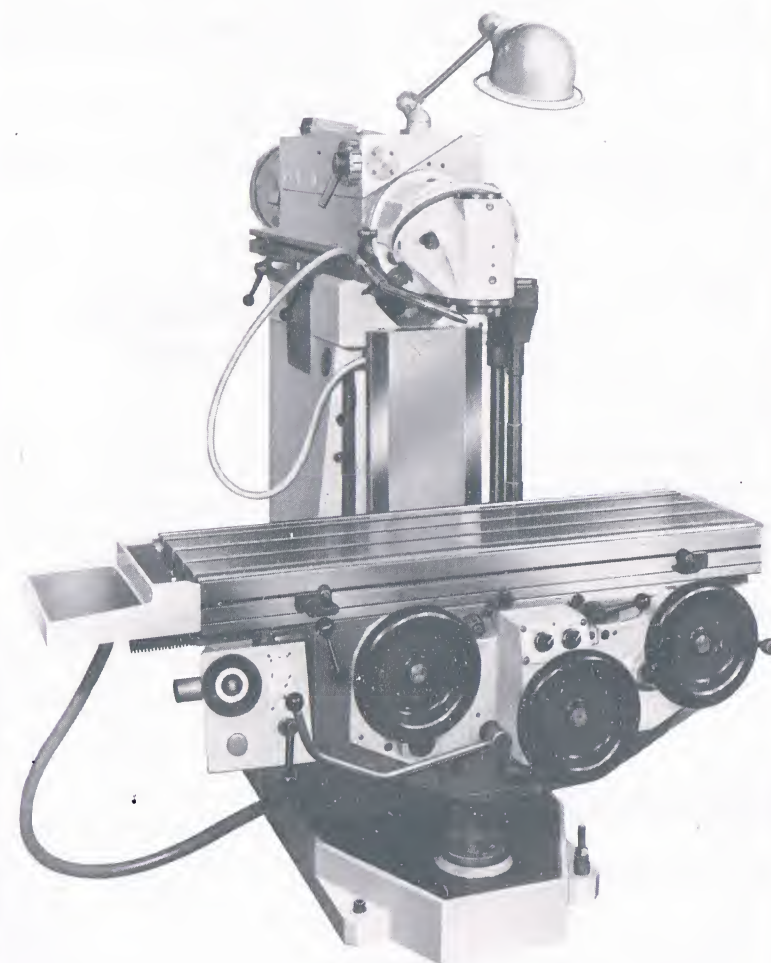
Le fraisage permet la réalisation de pièces : prismatiques, de révolutions extérieures, intérieures, de profils spéciaux, hélices, cames, engrenages, etc.

Des équipements et accessoires : diviseurs, circulaires, reproducteurs, montages d'usinage, têtes spéciales, autorisent une grande diversité de travaux.

1.2 CLASSIFICATION

La classification des fraiseuses ne peut être formelle à cause des conceptions modernes élaborées par les constructeurs. L'évolution est rapide dans ce domaine. On peut distinguer :

- Les fraiseuses d'outillage (généralement universelles).
- Les fraiseuses de production (à programme, à cycle, commande numérique, centre d'usinage).
- Les fraiseuses spéciales (à reproduire, multibroches, à banc fixe).



Cl. Huré.

FRAISEUR D'OUTILLAGE

Elles conviennent à des travaux de caractère unitaire ou de petite série. Elles sont équipées généralement :

- De trois chariots mobiles : table, chariot transversal, console (fig. 1).
- D'une tête universelle : type Dufour, Gambin, Huré (fig. 2).
- D'une sortie de broche horizontale avec bras coulissant pour arbre long.

REMARQUES

- La table est quelquefois inclinable dans son plan pour le taillage hélicoïdal.
- Certaines machines sont équipées d'un dispositif pour le fraisage en « avalant ».
- Le mouvement transversal est donné à la tête par un système dit « béliet » (Huré).

1.3 CARACTÉRISTIQUES

1.3.1 FONCTIONNELLES

- Puissance du moteur.
- Gamme des vitesses de broche et d'avances.
- Orientation de la broche (type Huré, Gambin, etc.).

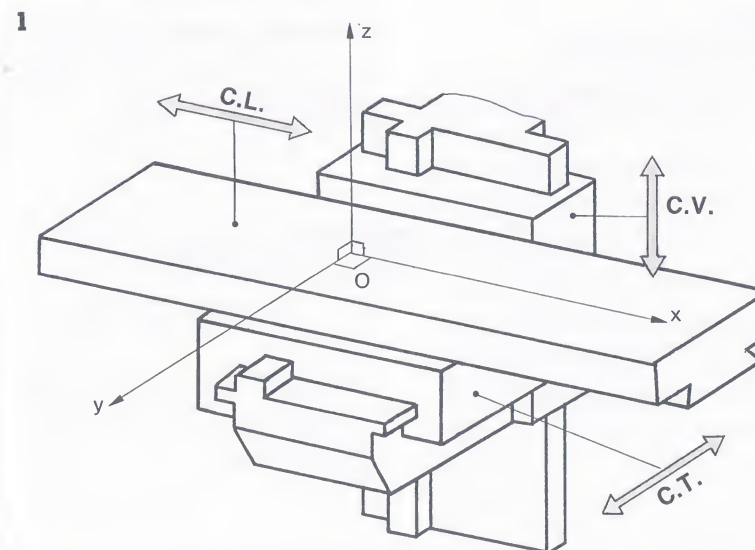
1.3.2 DIMENSIONNELLES

- Type et numéro du cône de la broche (SA 40, Cm 4...)
- Longueur et largeur de la table.
- Courses de table, chariot transversal et console.
- Hauteur entre table et broche.
- Distance entre table et glissière verticale.

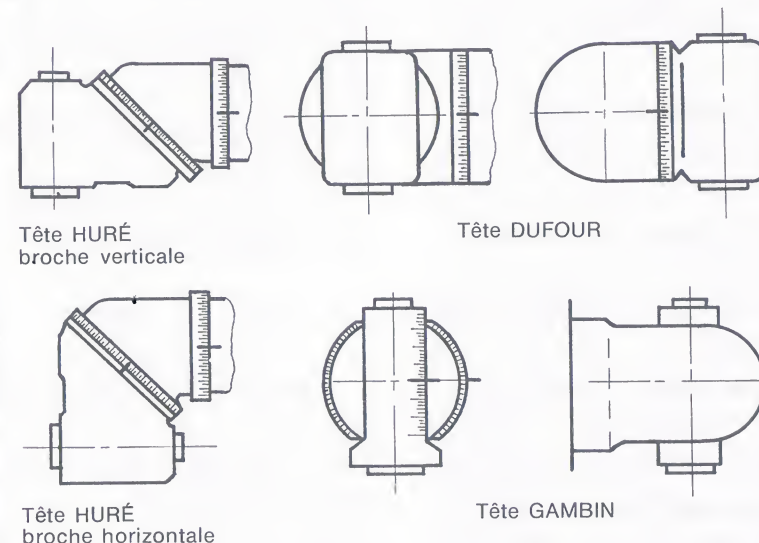
1.4 RÉFÉRENTIEL MACHINE

Les formes, dimensions, positions d'un objet se définissent par rapport à trois axes perpendiculaires entre eux, qui constituent le référentiel orthonormé (fig. 1).

- L'axe Ox détermine la direction du Mf , du chariot longitudinal : **C.L.**
- L'axe Oy détermine la direction du Mf , du chariot transversal : **C.T.**
- L'axe Oz détermine la direction du Mf , du chariot vertical : **C.V.**



2



2.1 SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE

Des systèmes de référence sont nécessaires, pour définir et situer les angles de l'outil fraise. Le système exposé ci-dessous est indispensable pour spécifier la géométrie des outils lors de leur fabrication et de leur contrôle. Un deuxième système de référence (outil en travail), qui spécifie la géométrie de l'outil au cours de l'usinage, ne sera pas traité dans cet ouvrage.

PLANS DE L'OUTIL EN MAIN

■ Plan de référence de l'outil Pr

Plan passant par le point considéré de l'arête et contenant l'axe de l'outil.

■ Plan d'arête de l'outil Ps

Plan tangent à l'arête au point considéré et perpendiculaire au plan Pr .

■ Plan de travail conventionnel Pf

Plan passant par le point considéré de l'arête, perpendiculaire à l'axe de l'outil et à Pr .

■ Plan normal à l'arête Pn

Plan perpendiculaire à l'arête au point considéré de celle-ci.

■ Plan vers l'arrière de l'outil Pp

Plan perpendiculaire à Pr et à Pf au point considéré de l'arête.

■ Plan orthogonal de l'outil Po

Plan perpendiculaire à Pr et Ps au point considéré de l'arête.

2.2 ANGLES DE L'OUTIL (fig. 1)

Ils sont définis par rapport aux plans du système de référence de l'outil en main (NF E 66-502).

2.21 DÉFINITIONS DES ANGLES DE L'ARÊTE

■ Angle de direction d'arête de l'outil κr (kappa)

Angle compris entre Ps et Pf mesuré dans le plan Pr .

■ Angle de direction complémentaire de l'outil ψr (psi)

Angle compris entre Ps et Pp mesuré dans le plan Pr ;

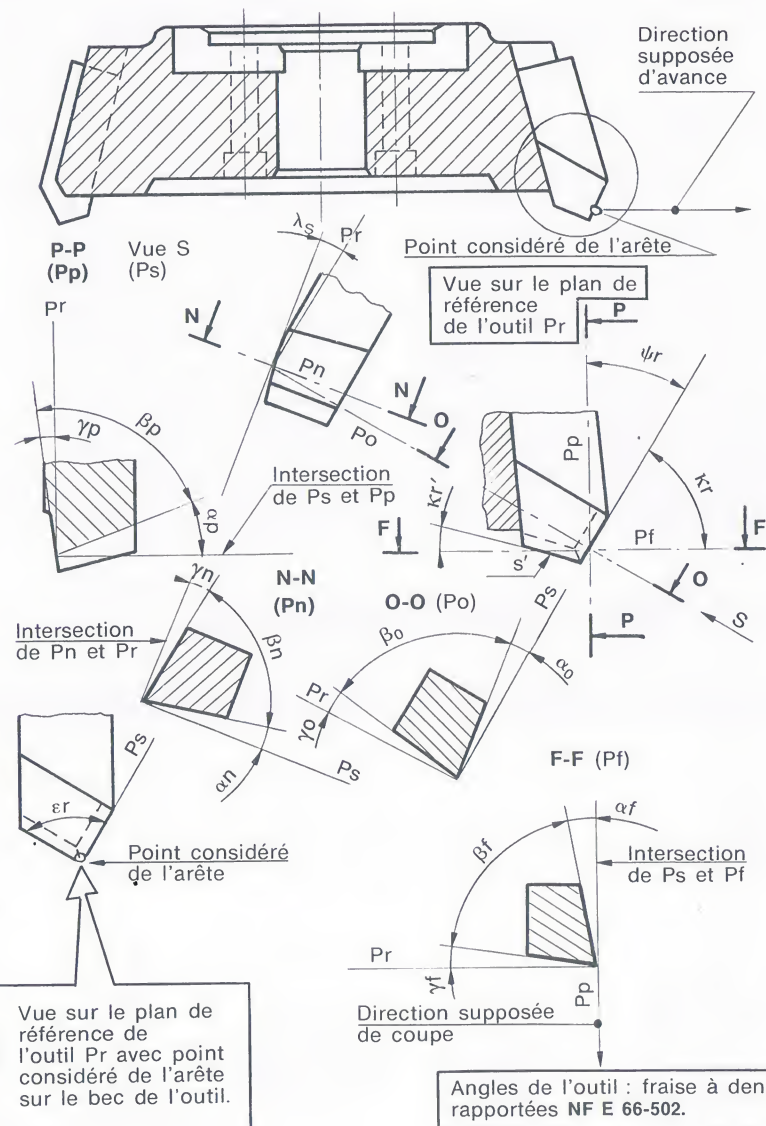
$$\psi r + \kappa r = 90^\circ$$

■ Angle d'inclinaison d'arête de l'outil λs (lambda)

Angle situé entre l'arête et Pr , mesuré dans le plan Ps .

■ Angle de pointe de l'outil ϵr (epsilon)

1



Angle situé entre **Ps** et **P's** mesuré dans le plan **Pr**

$$\kappa r + \varepsilon r + \kappa r' = 180^\circ$$

2.22 DÉFINITIONS DES ANGLES DES FACES

Dans un plan de section donnée, les angles des faces sont appelés :

■ Angle de coupe γ (gamma)

Angle aigu entre la face de coupe et le plan **Pr**, mesuré dans le plan de coupe. γ peut être positif ou négatif.

■ Angle de taillant β (bêta)

Angle situé entre la face de coupe

et la face de dépouille, mesuré dans la plan de coupe.

■ Angle de dépouille α (alpha)

Angle aigu situé entre la face de dépouille et le plan **Ps** mesuré dans le plan de coupe. Relation entre les angles des faces : $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$.

2.23 DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE DÉFINITION (fig. 1)

	Angles de l'outil	Symbole	Mesuré dans le plan
Position de la face de coupe	Angle de coupe normal	γ_n	P_n
	Angle de coupe latéral	γ_f	P_f
	Angle de coupe vers l'arrière de l'outil	γ_p	P_p
	Angle de coupe orthogonal de l'outil	γ_o	P_o
Angle de taillant	Angle de taillant normal	β_n	P_n
	Angle de taillant latéral	β_f	P_f
	Angle de taillant vers l'arrière de l'outil	β_p	P_p
	Angle de taillant orthogonal de l'outil	β_o	P_o
Position de la face de dépouille	Dépouille normale de l'outil	α_n	P_n
	Dépouille latérale de l'outil	α_f	P_f
	Dépouille vers l'arrière de l'outil	α_p	P_p
	Dépouille orthogonale de l'outil	α_o	P_o

2.3 CARACTÉRISTIQUES DES FRAISES

■ La taille

Suivant le nombre d'arêtes tranchantes par dent, on distingue : les fraises une taille (fig. 2), deux tailles ou trois tailles.

■ La forme

Suivant le profil des génératrices par rapport à l'axe de l'outil, on distingue : les fraises cylindriques, coniques (fig. 3) et les fraises de forme.

■ La denture

Suivant le sens d'inclinaison des arêtes tranchantes par rapport à l'axe de la fraise, on distingue : les dentures hélicoïdales à droite (fig. 4) ou à gauche (fig. 5) et les dentures à double hélice alternée. Si l'arête tranchante est parallèle à l'axe de la fraise, la denture est droite. Une fraise est également caractérisée par son nombre de dents.

■ Les dimensions

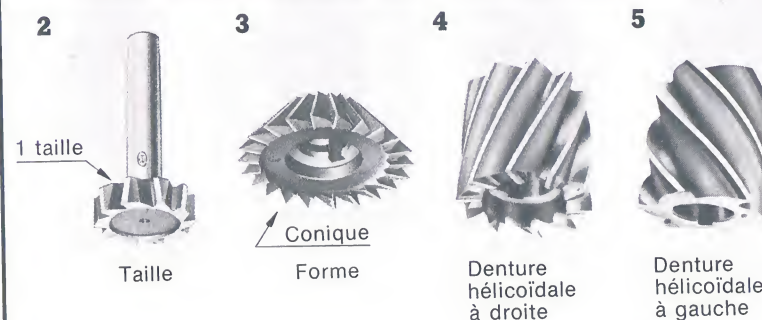
Pour une fraise deux tailles : diamètre et hauteur taillée. Pour une fraise trois tailles : diamètre de l'outil, épaisseur, diamètre de l'alésage. Pour une fraise conique pour queue d'aronde : l'angle, le diamètre de l'outil et l'épaisseur.

■ Le mode de fixation

À trou : lisse ou taraudé ; à queue : cylindrique ou conique.

■ Construction

Les fraises peuvent être à denture fraisée (ex. : fraise conique deux tailles $\alpha 60^\circ$), ou à denture détalonnée et fraisée (ex. : fraise-disque pour crémaillères). Elles sont en acier rapide. Pour les fraises à outils rapportés sur un corps de fraise, les dents fixées mécaniquement sont en acier rapide, ou le plus souvent en carbure métallique.



2.4 DIFFÉRENTS TYPES DE FRAISES



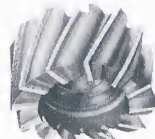
Tourteau
Outils amovibles
en A. R. S.



Tourteau
Plaquettes amovibles
en carbure



1 taille à
surfacier



Cylindrique
2 tailles
à trou lisse



Cylindrique
2 tailles
Queue
conique C. M.



2 tailles Denture
brise-copeaux
Queue
conique C. M.



Cylindrique
2 tailles
Queue
cylindrique



A rainurer
2 dents
Queue
cylindrique



A rainurer
2 dents
Queue
filetée



Scie 1 taille



1 taille
A rainurer



3 tailles
Denture droite



3 tailles
Denture à
double hélice
alternée



Pour rainure de
clavette disque
Queue filetée



Pour rainure à T
Denture brise-copeaux
Queue filetée



Pour rainure à T
Denture alternée
Queue conique C. M.



Conique 2 tailles,
Cône inversé type A
Queue cylindrique



Conique 2 tailles
Cône direct type B
Queue cylindrique



Conique 2 tailles
Alésage lisse
rainuré



Isocèle
2 tailles

Fraises à profil constant



Convexe
pour
demi-cercle



Concave
pour
demi-cercle



Concave
pour quart
de cercle



Disque
pour tailler
les engrenages
(fraise « module »)



Disque à
flancs droits
pour tailler
les crémaillères

2.5 MONTAGE DES FRAISES

2.51 CONDITIONS À SATISFAIRE

■ **Situer** la fraise sur le porte-outil, dans une position géométrique correcte.

■ **Assurer** l'entraînement de l'outil.

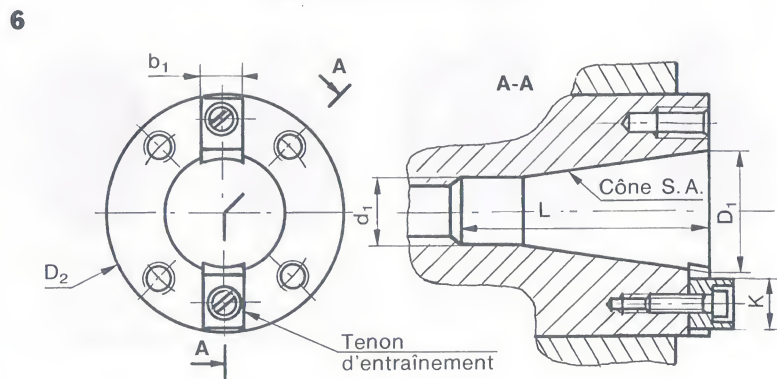
■ **Permettre** un montage et un démontage rapides.

2.52 ORGANE PORTE-OUTIL

L'organe porte-outil d'une fraiseuse est la **broche**. Celle-ci présente intérieurement une partie conique soigneusement rectifiée, qui constitue l'élément de centrage du porte-fraise (fig. 6). La broche d'une fraiseuse d'outillage est généralement réalisée au cône standard américain n° 40 (voir tableau ci-dessous). L'entraînement est assuré par des tenons solitaires de la broche. Le démontage des fraises est aisé avec ce type de cône, en raison du grand angle de pente adopté : $16^{\circ} 30'$.

S.A. n°	D ₁	D ₂ (h5)	d ₁ (H12)	K	L	b ₁ (h5)
30	31,75	69,832	17,4	16,5	73	15,9
40	44,45	88,882	25,3	19,5	100	15,9
45	57,15	101,6	32,4	19,5	120	19
50	69,85	128,57	39,6	26,5	140	25,4

Les cônes S.A. n^{os} : 55, 60, 65, 70, 75, 80, sont utilisés sur fraiseuses de grande capacité.



2.53 MONTAGE

Suivant le type de fraises, on utilise divers porte-outils.

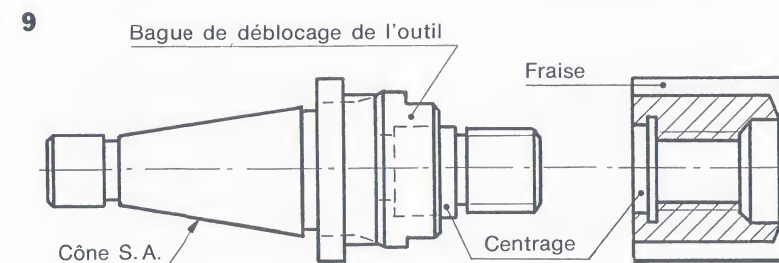
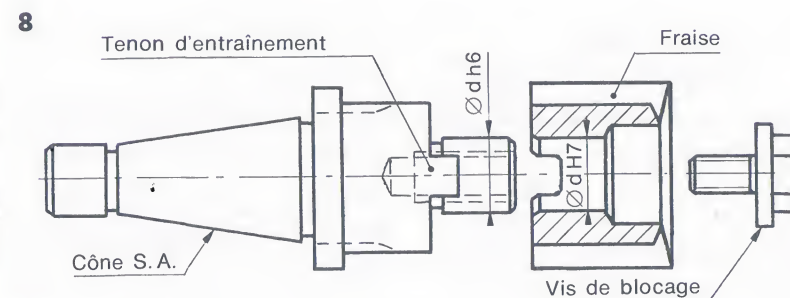
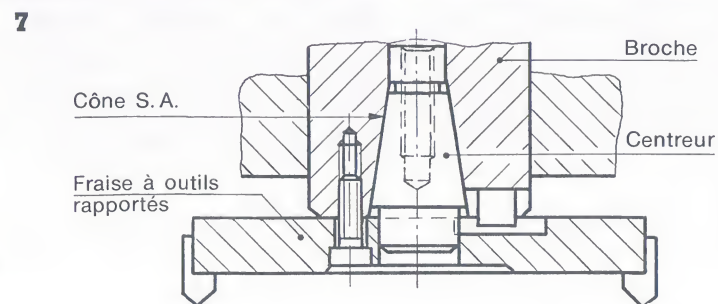
2.531 FRAISES À SURFACER (fig. 7)

Les fraises de grand diamètre (160 à 630 mm), à outils rapportés, se montent directement sur le nez de

broche par l'intermédiaire d'un
centreur.

2.532 FRAISES À TROU LISSE OU TARAUDÉ (fig. 8 et 9)

Elles sont montées sur un **mandrin porte-fraise**, généralement au cône S.A.



2.5 MONTAGE DES FRAISES

2.51 CONDITIONS À SATISFAIRE

■ **Situer** la fraise sur le porte-outil, dans une position géométrique correcte.

■ **Assurer** l'entraînement de l'outil.

■ **Permettre** un montage et un démontage rapides.

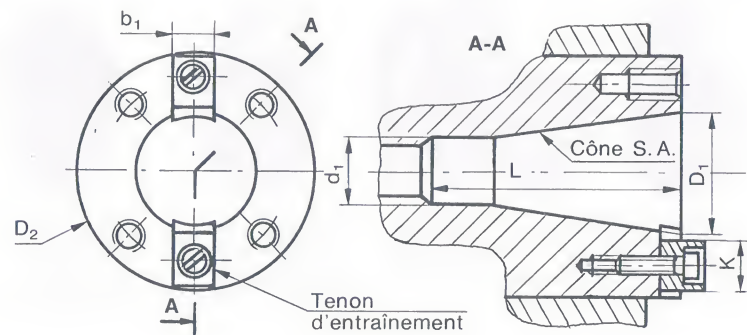
2.52 ORGANE PORTE-OUTIL

L'organe porte-outil d'une fraiseuse est la **broche**. Celle-ci présente intérieurement une partie conique soigneusement rectifiée, qui constitue l'élément de centrage du porte-fraise (fig. 6). La broche d'une fraiseuse d'outillage est généralement réalisée au cône standard américain n° 40 (voir tableau ci-dessous). L'entraînement est assuré par des tenons solidaires de la broche. Le démontage des fraises est aisé avec ce type de cône, en raison du grand angle de pente adopté : $16^{\circ} 30'$.

S.A. n°	D ₁	D ₂ (h5)	d ₁ (H12)	K	L	b ₁ (h5)
30	31,75	69,832	17,4	16,5	73	15,9
40	44,45	88,882	25,3	19,5	100	15,9
45	57,15	101,6	32,4	19,5	120	19
50	69,85	128,57	39,6	26,5	140	25,4

Les cônes S.A. n°s : 55, 60, 65, 70, 75, 80, sont utilisés sur fraiseuses de grande capacité.

6



2.53 MONTAGE

Suivant le type de fraises, on utilise divers porte-outils.

2.531 FRAISES À SURFACER (fig. 7)

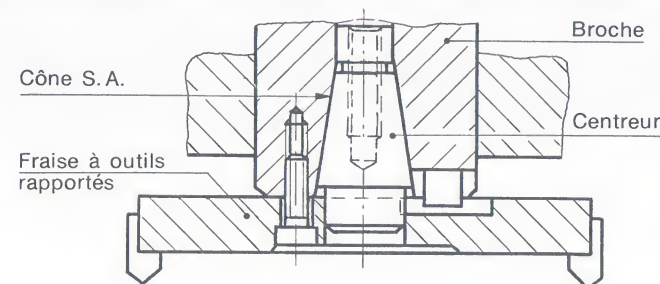
Les fraises de grand diamètre (160 à 630 mm), à outils rapportés, se montent directement sur le nez de

broche par l'intermédiaire d'un **centreur**.

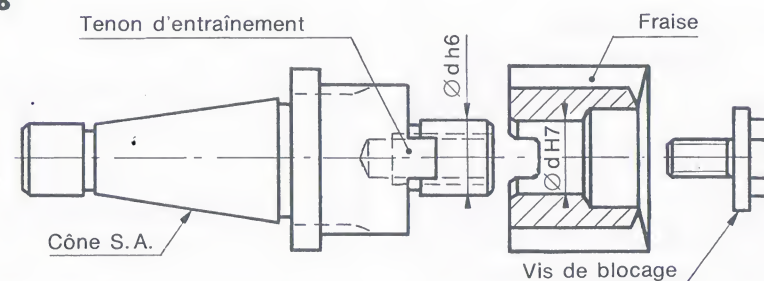
2.532 FRAISES À TROU LISSE OU TARAUDÉ (fig. 8 et 9)

Elles sont montées sur un **mandrin porte-fraise**, généralement au cône S.A.

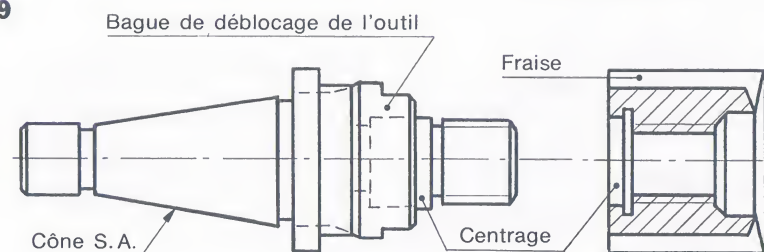
7



8



9



2.533 FRAISES À TROU LISSE RAINURÉ (fig. 10)

Elles sont montées sur un **arbre porte-fraise**, généralement au cône S.A. Il en existe deux types : le type court pour le travail en l'air, dont la longueur utile est inférieure ou égale à 160 mm, le type long (montage d'une lunette) dont la longueur utile est égale ou supérieure à 200 mm. Des bagues entretoises de différentes épaisseurs permettent de situer l'outil sur l'arbre, ou de régler l'écar-

tement désiré dans le cas de deux fraises accouplées. Le diamètre d de l'arbre porte-fraise est fonction de celui de l'alésage de l'outil. Il peut avoir les valeurs suivantes : 16, 22, 27, 32 et 40 mm h6.

2.534 FRAISES À QUEUE CONIQUE (CÔNE MORSE) (fig. 11)

Elles sont montées par l'intermédiaire d'une **douille de réduction** dont le cône extérieur correspond à celui de la broche, et le cône intérieur à celui de la fraise.

C.M. n°	0	1	2	3	4	5	6
D	9,045	12,065	17,78	23,825	31,267	44,399	63,347

Conicité : $\frac{1}{20}$ \approx , légère variation d'un numéro à l'autre.

2.535 FRAISES À QUEUE CYLINDRIQUE (fig. 12)

Elles sont montées au moyen d'un **mandrin à pinces**.

REMARQUE

■ La liaison broche porte-fraise est assurée par une tige de rappel (fig. 13).

2.54 PRÉCAUTIONS À PRENDRE

2.541 AU MONTAGE

■ Essuyer les surfaces coniques de

la broche, du porte-fraise ou de la fraise.

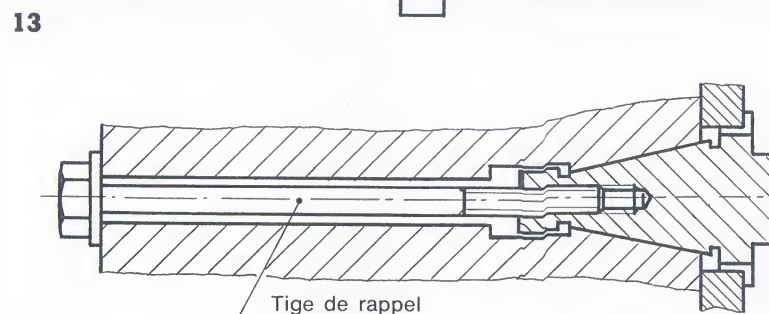
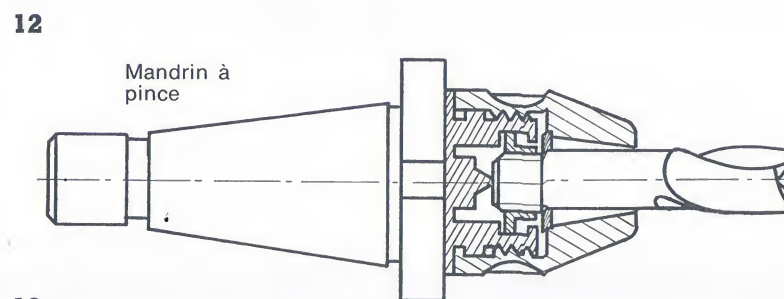
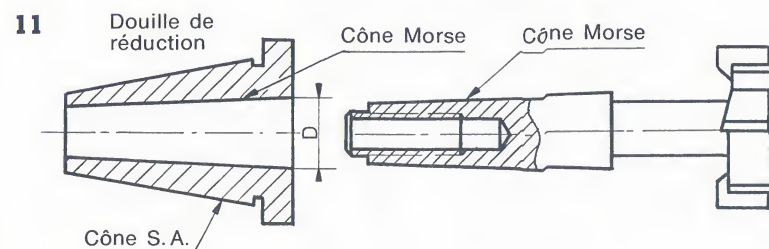
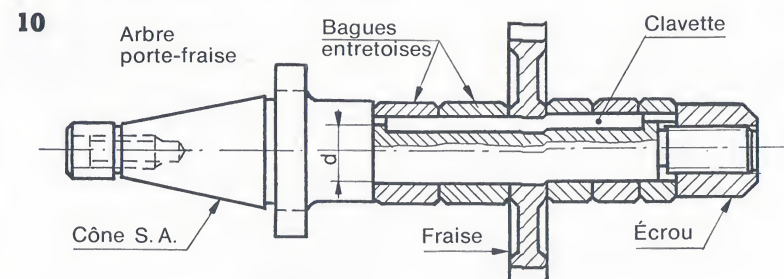
■ Placer les entailles du porte-fraise dans les tenons d'entraînement de la broche.

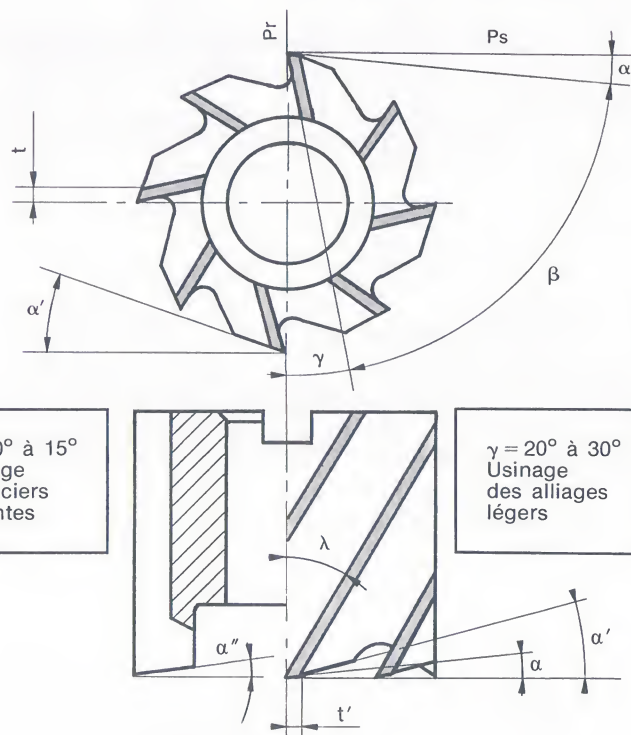
■ Visser au maximum la tige de rappel, puis bloquer l'écrou.

2.542 AU DÉMONTAGE

■ Débloquer l'écrou (un tour).

■ Donner un léger coup de marteau sur la tête de la tige de rappel, dévisser la tige en soutenant la fraise.





Angles pour affûtage périphérique						Angles pour affûtage en bout					
Suivant $\varnothing D$	2 à 5	6 à 11	12 à 16	18 à 40	+ de 40	Suivant $\varnothing D$	2 à 5	6 à 11	12 à 16	18 à 40	+ de 40
Angle d'hélice λ	35°	35°	35°	30°	30°	Angle de dépouille α	6°	6°	6°	6°	6°
Angle de dépouille α	12°	10°	10°	8°	6°	Angle de dépouille secondaire α'	15°	15°	15°	15°	15°
Angle de dépouille secondaire α'	18°	18°	15°	15°	15°	Angle de dépouille radiale α''	1°	1° 30'	1° 30'	2°	3°
Valeur du témoin t (en mm)	0,6	0,6	0,8	1	1,5	Valeur du témoin t' (en mm)	0,8	0,8	1	1	1,5

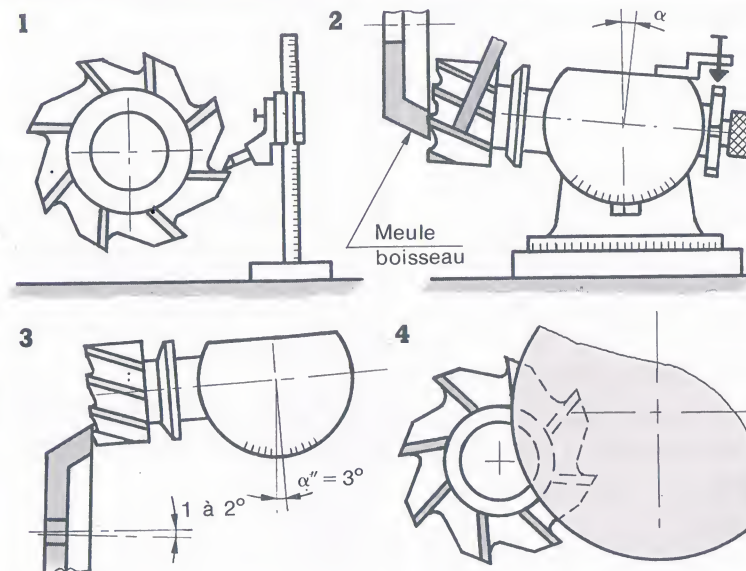
3.1 AFFÛTAGE EN BOUT (FRAISE 2 TAILLES)

Réglage de la fraise

- Compter le nombre de dents de la fraise. Monter un disque diviseur avec un nombre d'encoches égal ou multiple du nombre de dents de l'outil, ou un guide sur la face d'attaque de la dent à affûter.
- Monter la fraise dans la broche de la poupée porte-fraise.
- Situer l'arête d'une dent horizontalement avec un trusquin (fig. 1).
- Orienter la poupée porte-fraise de $\alpha = 6^\circ$ (fig. 2) et de $\alpha'' = 1^\circ \text{ à } 3^\circ$, suivant $\varnothing D$ (fig. 3).

Réglage de la machine

- Orienter la poupée porte-meule de $1^\circ \text{ à } 2^\circ$ (fig. 3).
- Situer correctement la meule par rapport à la dent à affûter. Régler la course de la table (butées). La meule ne doit pas toucher une autre dent (fig. 4).
- Tangenter sur une dent. Prendre des passes de **0,04** à l'ébauche, **0,02** en finition. Affûter toutes les dents à chaque opération. Terminer par une passe nulle.
- Contrôle visuel sur l'extrémité des dents. Hauteur identique des dents (marbre).



3.2 AFFÛTAGE PÉRIPHÉRIQUE (FRAISE 2 TAILLES AVEC MEULE BOISSEAU)

3.21 PAR INCLINAISON DE LA POUPÉE PORTE-MEULE

1^{re} MÉTHODE (fig. 5)

- Dégauchir la poupée porte-fraise avec un comparateur sur la génératrice d'un cylindre-étalon suivant deux positions perpendiculaires.
- Monter la fraise dans la broche de la poupée.
- Orienter la poupée porte-meule de l'angle α vers le bas.
- Monter et régler l'index en position, avec un trusquin gradué, dans l'axe horizontal de la poupée porte-fraise.
- Régler la course de la table avec deux butées.
- Mettre la meule en marche, tangenter (dent de la fraise en appui sur l'index).
- Prendre des passes successives de **0,04** en ébauche, **0,02** en finition. Affûter toutes les dents à chacune de ces opérations. Terminer par une passe nulle.

- Contrôle visuel sur l'extrémité des dents.

REMARQUE

- Déplacer la table de façon régulière. Assurer en permanence le contact de la dent sur l'index.

3.22 PAR INCLINAISON DE LA POUPÉE PORTE-MEULE

2^e MÉTHODE (fig. 6)

Réglage de l'outil

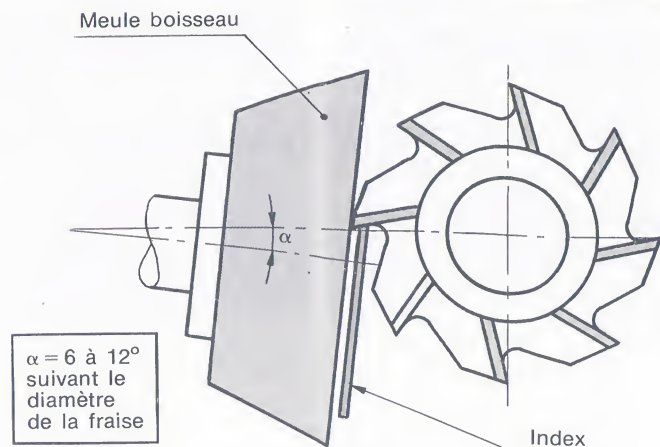
Dégauchir la poupée porte-fraise avec un comparateur. (Voir § 3.21.) Monter la fraise dans la broche de la poupée.

Réglage de la machine

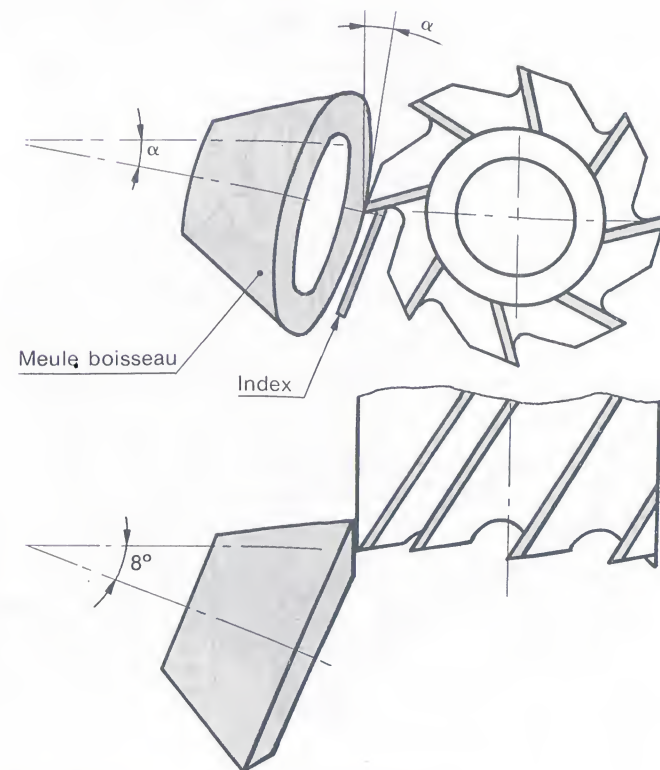
Orienter la poupée porte-meule horizontalement de 8° .

- Situer avec un trusquin l'index dans l'axe horizontal de la poupée porte-meule. Incliner celle-ci vers le bas de l'angle α . (Voir tableau.)
- Situer l'index dans l'axe horizontal de la poupée porte-fraise avec un trusquin. (Action de montée ou de descente de la poupée porte-meule.)
- Régler la course de la table avec deux butées, puis opérer comme au § 3.21.

5



6



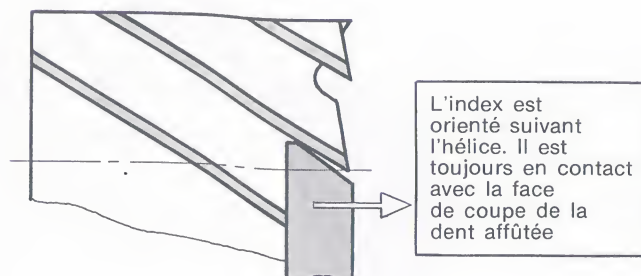
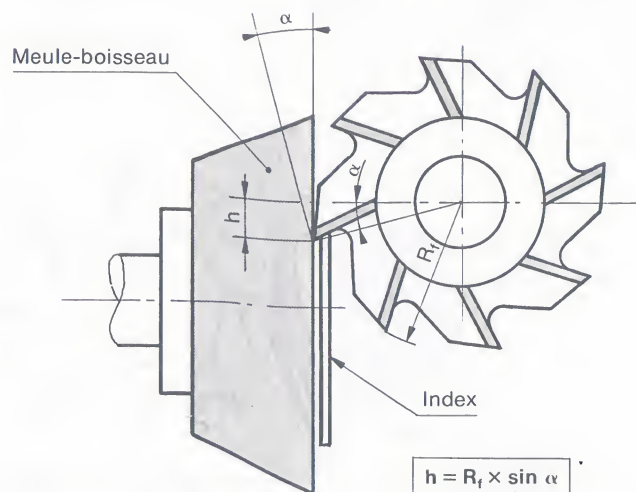
3.23 PAR ORIENTATION DE LA DENT À AFFÛTER

- Dégauchir la poupée porte-fraise. Monter la fraise dans la broche.
- Régler la poupée porte-meule à zéro horizontalement et verticalement.

■ Situer l'index au-dessous de l'axe de la fraise d'une valeur h . Réglage avec un trusquin gradué.

■ Procéder ensuite comme au § 3.21.

7



3.24 AVEC MEULE PLATE

Réglage de la fraise

■ Dégauchir la poupée porte-fraise avec un comparateur.

■ Monter la fraise dans la poupée. Situer l'extrémité d'une dent dans l'axe horizontal. Immobiliser la fraise en rotation.

■ Calculer la valeur h du décalage axe-fraise, axe-meule.

Réglage de la machine

■ Régler le décalage h avec un trusquin gradué.

■ Situer l'extrémité de la dent en contact avec la meule.

■ Immobiliser la table de la machine.

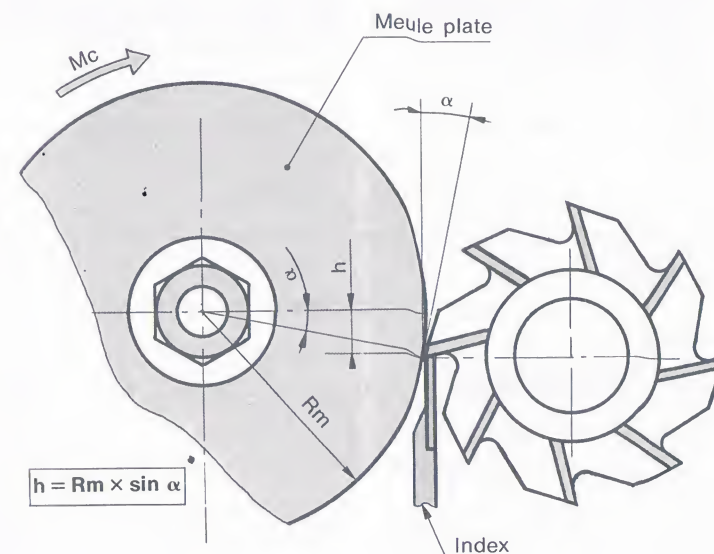
■ Situer l'index en contact avec la dent. Rendre la fraise libre en rotation.

■ Régler la course longitudinale de la table avec deux butées.

■ Mettre la meule en marche. Tangenter la dent en appui sur l'index.

■ Procéder ensuite comme au § 3.21.

8



4.1 JEUX DE FONCTIONNEMENT

4.1.1 DÉPLACEMENT DES CHARIOTS

- Les déplacements des chariots sur une fraiseuse d'outillage sont assurés par un système **vis-écrou**.
- Pour contrôler les déplacements des organes porte-pièces (déplacement longitudinal de la table, transversal du chariot, vertical de la console), les volants de manœuvre des vis sont équipés de tambours gradués.

4.1.2 SENS DE DÉPLACEMENT DES CHARIOTS

La rotation dans le sens des aiguilles d'une montre des volants de manœuvre des chariots éloigne la pièce de l'opérateur pour le **C.T.** et le **C.L.** et provoque la montée de la console **C.V.**

4.1.3 VALEURS DES DÉPLACEMENTS

- Une rotation complète de la vis fait avancer le chariot d'une distance égale au pas de la vis.
- Un tambour rendu solidaire de la vis est gradué en divisions égales.

Valeur d'une division = $\frac{\text{pas de la vis du chariot}}{\text{nombre de graduations du tambour}}$

Exemple

Un tambour gradué, monté sur une vis au pas de 5 mm, comporte 250 graduations.

$$\text{Valeur d'une division} = \frac{5}{250} = 0,02 \text{ mm.}$$

Toutes les 5 divisions, on observe un trait plus long, ce qui indique une valeur de :

$$0,02 \times 5 = 0,1 \text{ mm.}$$

Un chiffre repère indique les 0,5 mm : 0-0,5-1-1,5-2-2,5...

Un tour complet donne un déplacement de 5 mm et nous ramène au repère zéro.

4.14 JEUX DE FONCTIONNEMENT (fig. 1)

La précision des déplacements, donnée par des tambours gradués, est affectée par un jeu axial de fonctionnement **J** composé :

- Du jeu **J₁** du système vis-écrou.
- Du jeu **J₂** du dispositif d'attelage de la vis.

$$J = J_1 + J_2$$

Ces jeux de fonctionnement, indispensables, augmentent avec l'usure.

4.15 INCONVÉNIENTS DU SYSTÈME VIS-ÉCROU

- Si le déplacement d'un chariot a

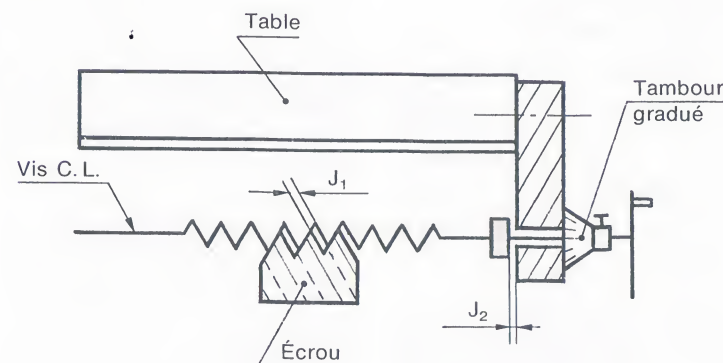
été effectué dans un sens et que l'on souhaite effectuer le mouvement inverse, l'existence des jeux fait que la rotation du volant, pendant une fraction de tour, reste sans effet sur le déplacement de celui-ci.

- Suivant la position des jeux **J₁** et **J₂** l'effort de coupe risque de provoquer le déplacement du chariot de la valeur de ces jeux.

REMARQUE

- En cas de dépassement du repère sur le tambour gradué, revenir franchement en arrière, puis effectuer de nouveau le déplacement jusqu'au repère initialement prévu.

1



4.2 RATRAPAGE DES JEUX

4.2.1 PROBLÈME À RÉSOUDRE

Savoir utiliser les chariots d'une fraiseuse pour amener une pièce en position d'usinage pour la réalisation de l'épaulement ① (fig. 2).

4.2.2 SITUATION DES JEUX

- Le réglage pour la prise de passe au C.L. amène les jeux dans la situation du croquis de la figure 3.
- Si l'effort de coupe est de même sens que le déplacement du C.L. à la prise de passe, la table risque de se déplacer de J (voir M_p - F_c , fig. 3).
- Conclusion : il faut donc neutraliser J_1 et J_2 .

4.2.3 OPÉRATION DE RATRAPAGE DES JEUX

- En tournant la manivelle en sens inverse de celui de la prise de passe, les jeux J_1 et J_2 se trouvent dans la situation de la figure 4 (voir § 4.15, 1^{er} alinéa).
- Cette manœuvre déplace les jeux et modifie la position des surfaces d'appui en contact du dispositif d'attelage et du système vis-écrou,

qui s'opposent ainsi à l'effort de coupe.

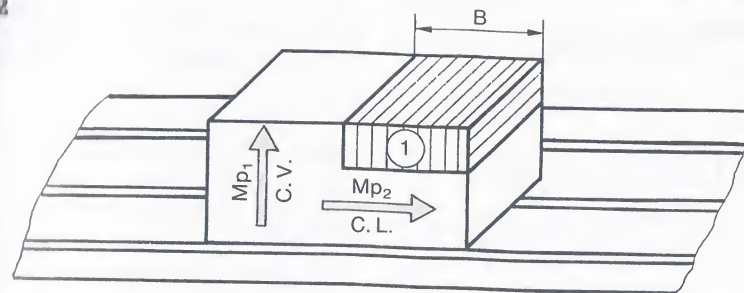
4.2.4 MODE OPÉRATOIRE

- Prendre la profondeur de passe et bloquer le chariot longitudinal.
- Effectuer une rotation en sens inverse, de la valeur de J . L'appréciation de la rotation de la vis supprimant le jeu est fonction de l'habileté de l'opérateur. Exécuter la passe.
- Pour la deuxième passe, revenir au repère obtenu lors de la prise de passe.
- Débloquer le C.L., effectuer le déplacement et opérer ensuite comme précédemment pour rattraper les jeux de fonctionnement.

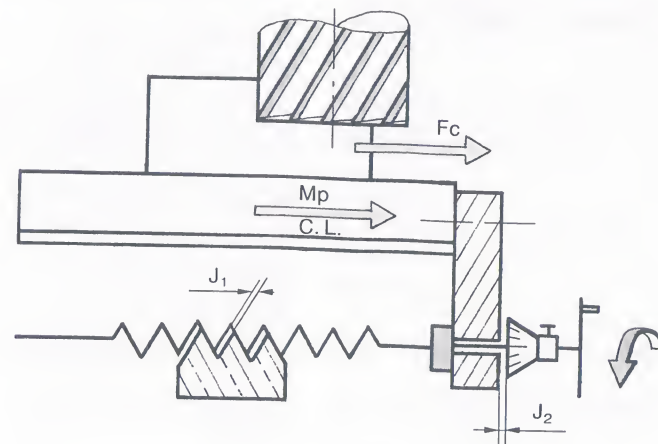
REMARQUES

- Le rattrapage des jeux s'impose surtout pour les travaux d'ébauche.
- Pour une passe de faible valeur (opération de demi-finition et finition), le blocage du chariot sera suffisant.

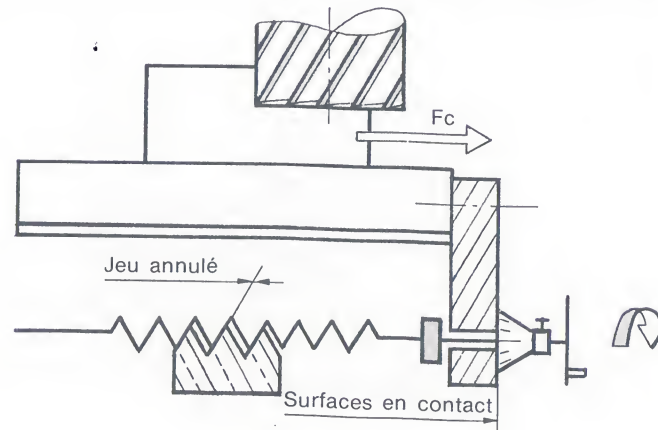
2



3



4



4.3 RÉGLAGE À INVERSION

4.31 CAS D'UTILISATION

Ce réglage s'impose chaque fois qu'au cours de l'usinage l'opérateur doit successivement approcher et éloigner la pièce de l'outil.

4.32 EXEMPLE D'APPLICATION (fig. 5)

Pour l'exécution de l'épaulement ①, il faut approcher la pièce de la fraise.

Pour l'exécution de l'épaulement ②, il faut éloigner la pièce de la fraise.

4.33 MODE OPÉRATOIRE

■ Exécuter l'épaulement ① (voir § 4.24).

Pour le fraisage de l'épaulement ②, il faut procéder de la manière suivante :

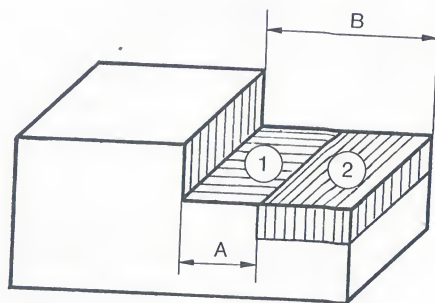
■ Lors de la finition de l'épaulement ①, prendre le repère de la cote **B** (fig. 6).

■ Déterminer par le calcul le nouveau repère de la cote **A** (nombre de tours plus fraction de tour).

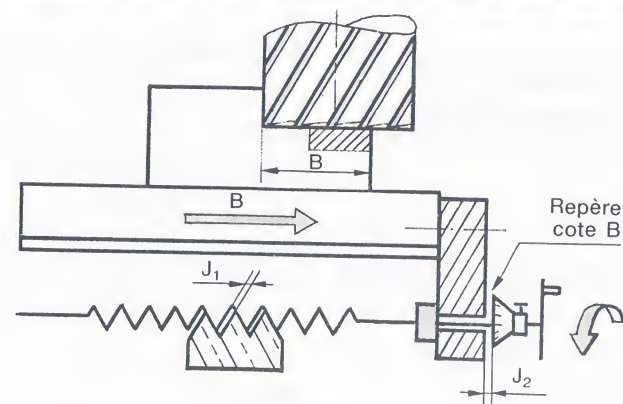
■ Éloigner la pièce de la fraise (sens des aiguilles d'une montre) de **A** et dépasser le nouveau repère d'environ **2 mm**, par exemple (fig. 7).

■ Rapprocher la pièce de la fraise (sens inverse des aiguilles d'une montre) jusqu'au repère de la cote **A** (fig. 8).

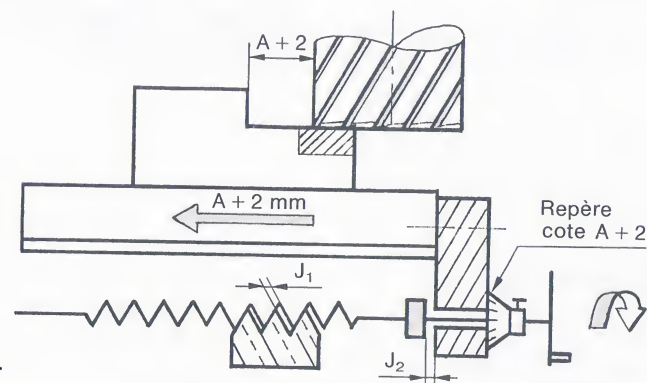
■ Avant l'exécution de l'épaulement ②, bloquer le C.L. et rattraper les jeux.



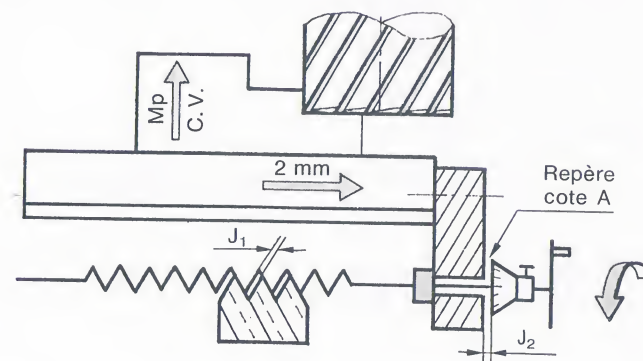
6



7



8



4.3 RÉGLAGE À INVERSION

4.31 CAS D'UTILISATION

Ce réglage s'impose chaque fois qu'au cours de l'usinage l'opérateur doit successivement approcher et éloigner la pièce de l'outil.

4.32 EXEMPLE D'APPLICATION (fig. 5)

Pour l'exécution de l'épaulement ①, il faut approcher la pièce de la fraise.

Pour l'exécution de l'épaulement ②, il faut éloigner la pièce de la fraise.

4.33 MODE OPÉRATOIRE

■ Exécuter l'épaulement ① (voir § 4.24).

Pour le fraisage de l'épaulement ②, il faut procéder de la manière suivante :

■ Lors de la finition de l'épaulement ①, prendre le repère de la cote **B** (fig. 6).

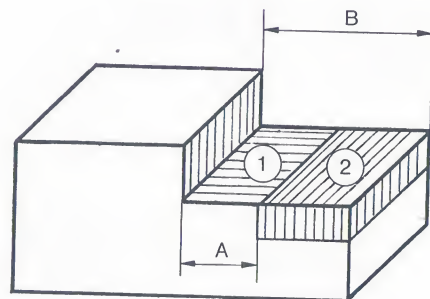
■ Déterminer par le calcul le nouveau repère de la cote **A** (nombre de tours plus fraction de tour).

■ Éloigner la pièce de la fraise (sens des aiguilles d'une montre) de **A** et dépasser le nouveau repère d'environ **2 mm**, par exemple (fig. 7).

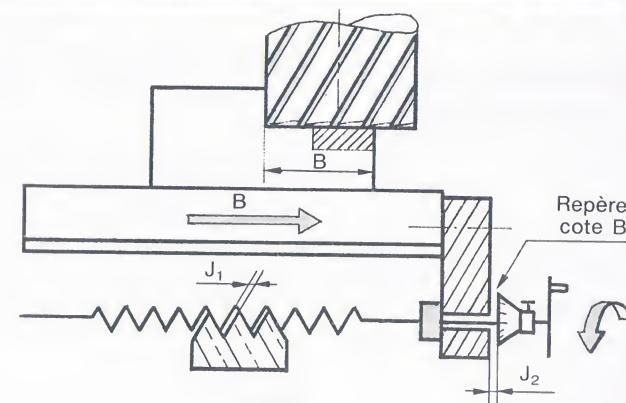
■ Rapprocher la pièce de la fraise (sens inverse des aiguilles d'une montre) jusqu'au repère de la cote **A** (fig. 8).

■ Avant l'exécution de l'épaulement ②, bloquer le C.L. et rattraper les jeux.

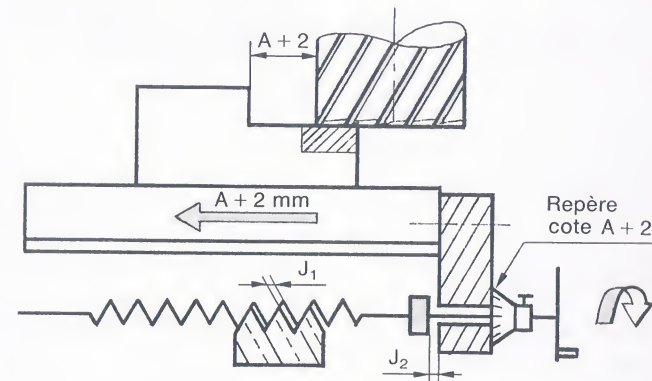
5



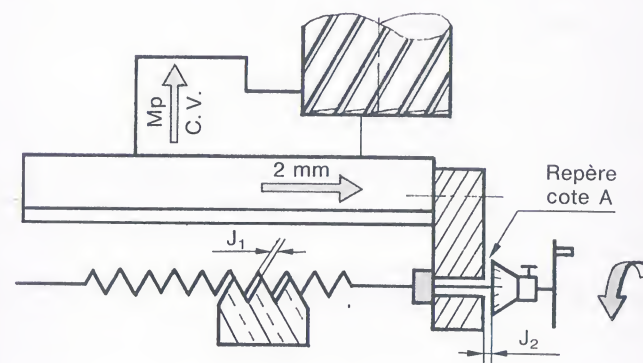
6



7



8



4.4 RÉGLAGE PAR RÉTRO-INVERSION

4.41 CAS D'UTILISATION

Ce réglage est utilisé en fraisage de profil et en travaux d'ébauche où les efforts de coupe sont les plus importants.

4.42 RAPPEL

Nous avons vu, au cours du réglage pour la prise de passe (fig. 3), la situation des jeux J_1 et J_2 et par suite la nécessité de procéder à l'opération de rattrapage des jeux (fig. 4).

4.43 MODE OPÉRATOIRE

■ Tangenter et approcher le C.L. de **A**, sens inverse des aiguilles d'une montre (fig. 9).

■ Éloigner la pièce de la fraise de 2 mm sur le tambour gradué. (On suppose J inférieur à 2 mm.) En réalité, le déplacement correspondant de la table est égal à $2 \text{ mm} - J$.

■ Prendre le repère **X**, exécuter la passe d'approche P_1 , mesurer la cote (fig. 9).

■ Déterminer la passe P_2 de finition à prendre.

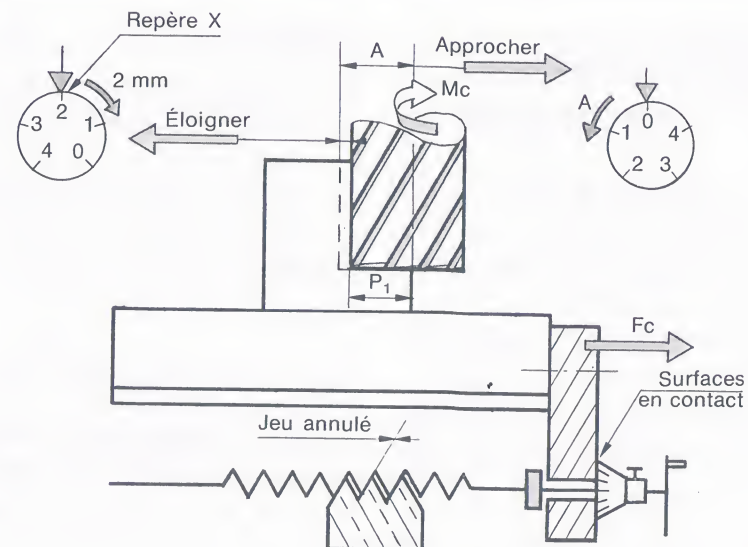
■ Rapprocher la pièce de la fraise d'une valeur supérieure à P_2 (sens inverse).

■ Éloigner la pièce en tournant, sens des aiguilles d'une montre, jusqu'au repère **Y** situé à une distance angulaire P_2 par rapport au précédent repère **X** (fig. 10).

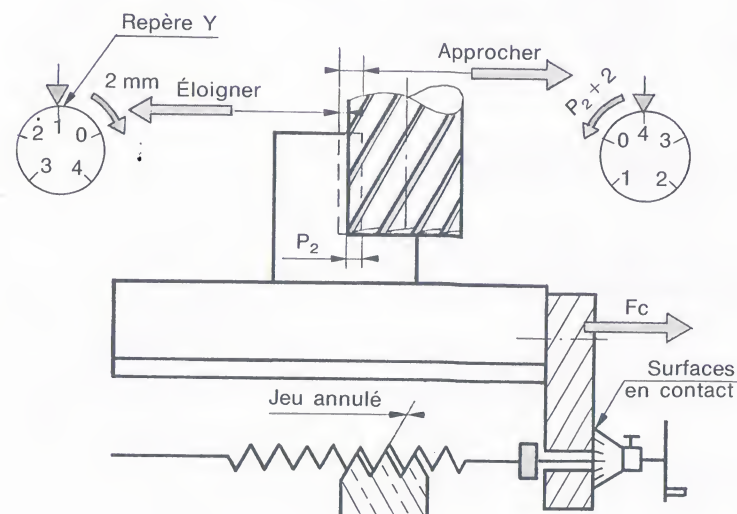
REMARQUE

■ Cette manière d'opérer permet de neutraliser d'une façon différente les jeux de fonctionnement J_1 et J_2 lors de la prise de passe.

9



10



4.4 RÉGLAGE PAR RÉTRO-INVERSION

4.41 CAS D'UTILISATION

Ce réglage est utilisé en fraisage de profil et en travaux d'ébauche où les efforts de coupe sont les plus importants.

4.42 RAPPEL

Nous avons vu, au cours du réglage pour la prise de passe (fig. 3), la situation des jeux J_1 et J_2 et par suite la nécessité de procéder à l'opération de rattrapage des jeux (fig. 4).

4.43 MODE OPÉRATOIRE

■ Tangenter et approcher le C.L. de **A**, sens inverse des aiguilles d'une montre (fig. 9).

■ Éloigner la pièce de la fraise de 2 mm sur le tambour gradué. (On suppose J inférieur à 2 mm.) En réalité, le déplacement correspondant de la table est égal à $2 \text{ mm} - J$.

■ Prendre le repère **X**, exécuter la passe d'approche P_1 , mesurer la cote (fig. 9).

■ Déterminer la passe P_2 de finition à prendre.

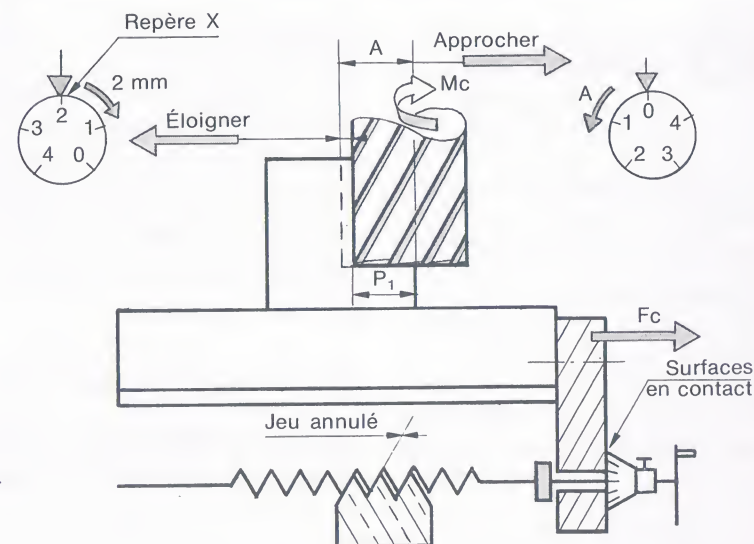
■ Rapprocher la pièce de la fraise d'une valeur supérieure à P_2 (sens inverse).

■ Éloigner la pièce en tournant, sens des aiguilles d'une montre, jusqu'au repère **Y** situé à une distance angulaire P_2 par rapport au précédent repère **X** (fig. 10).

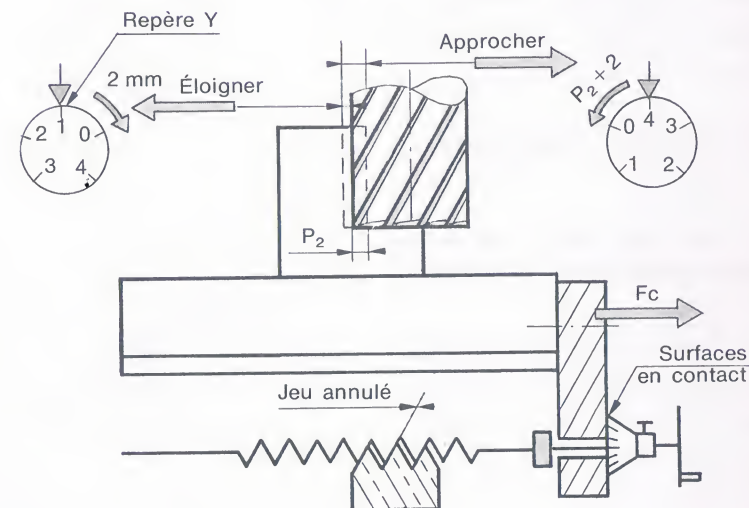
REMARQUE

■ Cette manière d'opérer permet de neutraliser d'une façon différente les jeux de fonctionnement J_1 et J_2 lors de la prise de passe.

9



10



CONNAÎTRE LE MODE D'ACTION DES FRAISES

5.1 GÉNÉRATION DES SURFACES

Le fraisage est un procédé d'usinage permettant d'obtenir des surfaces planes, cylindriques, coniques, hélicoïdales ou spéciales.

L'usinage s'obtient par combinaison de deux mouvements :

- Le mouvement de coupe **Mc** appliqué à l'outil par la broche de la fraiseuse.

- Le mouvement d'avance **Mf** appliqué à la pièce solidaire de la table.

L'aspect et le degré de finition des surfaces obtenues varient, entre autres facteurs, selon le mode de génération utilisé : travail d'enveloppe ou travail de forme.

5.1.1 TRAVAIL D'ENVELOPPE

(fig. 1)

Exécution de surfaces où on ne retrouve pas la forme de la génératrice de la fraise.

La surface usinée est l'enveloppe des positions successives d'une circonférence de centre O représentant la trajectoire d'une dent en cours d'usinage.

Exemple

L'enveloppe des positions successives d'une circonférence de centre O décrivant une droite Ox est une droite Δy tangente aux circonférences (fig. 1a). On peut aussi obtenir une courbe (fig. 1b) ou deux droites concourantes (fig. 1c).

5.1.2 TRAVAIL DE FORME (fig 2)

Exécution de surfaces où l'on retrouve la forme de la génératrice de la fraise.

Le profil de la surface usinée est identique à celui de la génératrice de la fraise en cours d'usinage.

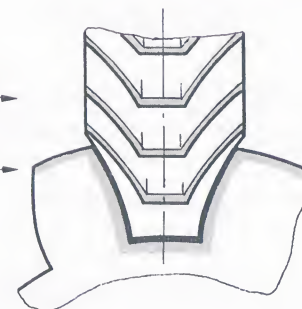
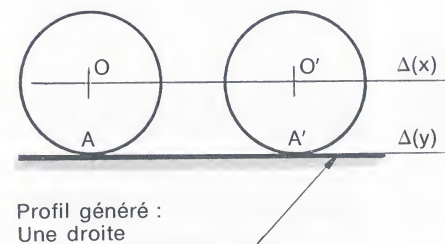
CONNAÎTRE LE MODE D'ACTION DES FRAISES

1a

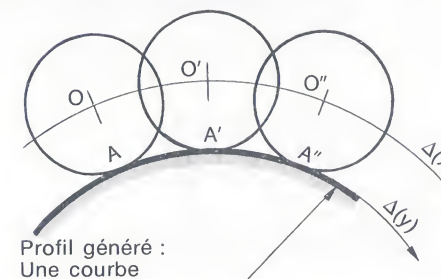
Travail d'enveloppe

2a

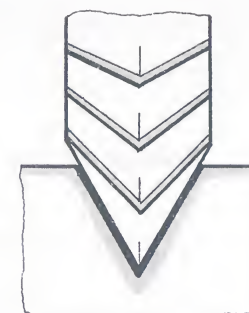
Travail de forme



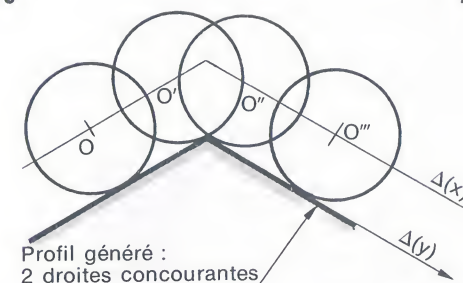
1b



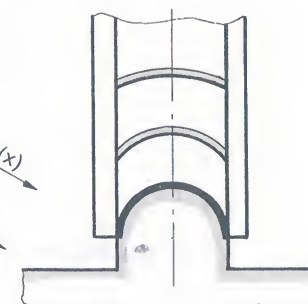
2b



1c



2c



CONNAÎTRE LE MODE D'ACTION DES FRAISES

5.2 MODES DE FRAISAGE

On distingue deux modes : le fraisage de face et le fraisage de profil.

5.2.1 FRAISAGE DE FACE (fig. 3)

L'axe de la fraise est perpendiculaire au plan fraisé.

Procédé d'obtention de surfaces planes où l'on ne retrouve aucune trace de la forme de la génératrice de la fraise.

Ce mode de fraisage est également appelé **fraisage en bout**, symbole **frb**.

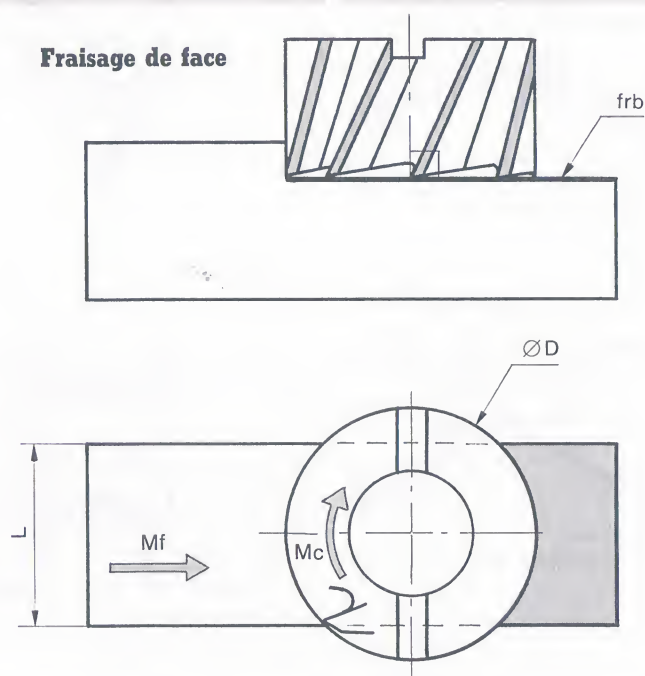
5.2.2 FRAISAGE DE PROFIL (fig. 4)

La génératrice de la fraise est parallèle à la surface usinée.

Procédé d'obtention de surfaces planes ou quelconques dans des positions diverses.

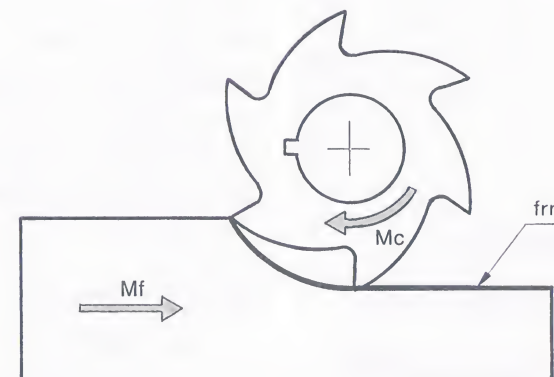
Ce mode de fraisage est également appelé **fraisage en roulant**, symbole **frr**.

3 Fraisage de face

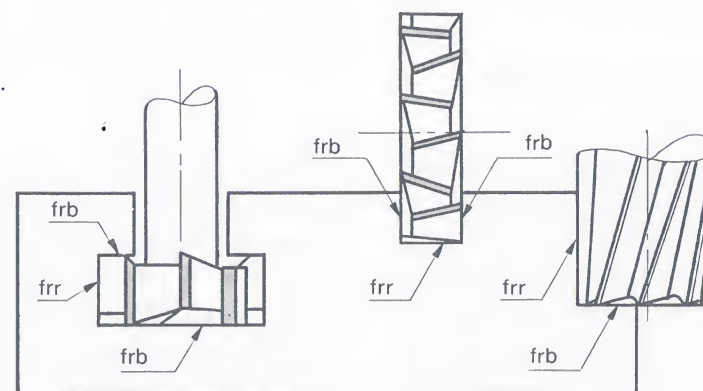


CONNAÎTRE LE MODE D'ACTION DES FRAISES

4 Fraisage de profil



5



CONNAÎTRE LE MODE D'ACTION DES FRAISES

REMARQUE

■ Les deux modes de fraisage peuvent se trouver en application au cours d'une même opération. C'est le cas des fraises 2 tailles, 3 tailles, travaillant simultanément de face et de profil (fig. 5).

5.3 ASPECT DES SURFACES

5.31 EN FRAISAGE DE FACE

(fig. 6a)

L'aspect d'une surface usinée en fraisage de face est caractérisé par une série de courbes sécantes appelées **cycloïdes** correspondant à la trace laissée par les dents de la fraise sur la pièce (fig. 6b).

5.311 ÉPAISSEUR DU COPEAU

(fig. 6c)

L'intervalle compris entre deux cycloïdes consécutives représente l'épaisseur du copeau. On constate que cette épaisseur varie tout au long de la trajectoire de coupe de la dent. Dans le cas d'une fraise de diamètre supérieur à la largeur de la pièce, l'épaisseur est légèrement plus faible à l'entrée et à la sortie de

la surface tranchée, pour atteindre son maximum approximativement au niveau de l'axe de la fraise.

5.312 ÉTAT DE SURFACE

L'épaisseur étant sensiblement uniforme, la fraise travaille dans de bonnes conditions de coupe. L'état de surface dépend de l'avance par dent f_z .

5.32 EN FRAISAGE

DE PROFIL (fig. 7)

La surface fraisée présente une **série d'ondulations** laissées par les dents de la fraise : celles-ci dépendent de l'avance et du diamètre de l'outil.

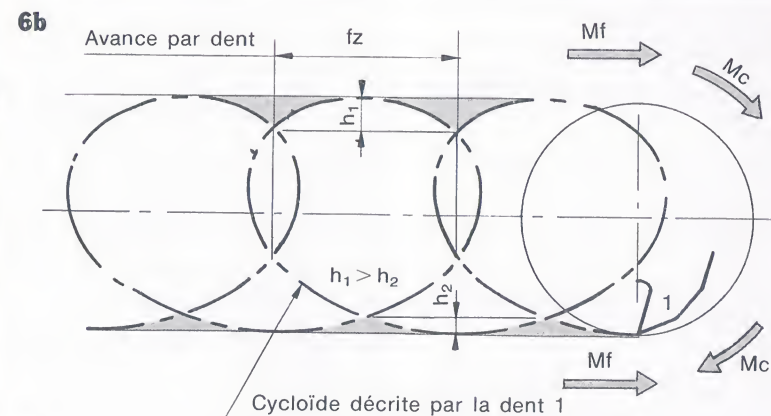
5.321 ÉPAISSEUR DU COPEAU

Chaque dent de la fraise taille un copeau d'épaisseur croissante : nulle à l'attaque au point **A** et maximale à la sortie en **B**.

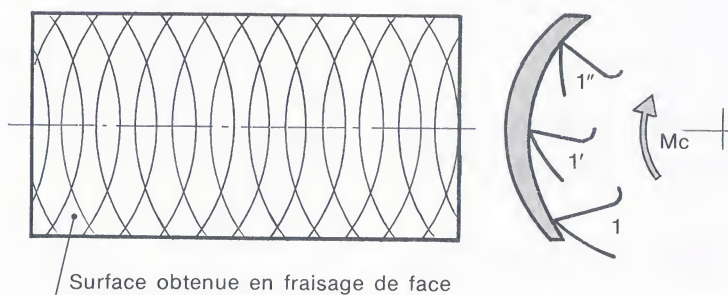
5.322 ÉTAT DE SURFACE

Au point **A**, la dent refuse la coupe et écrouit la matière, l'outil fléchit. Au point **B**, la dent est également soumise à une contrainte de flexion. Ces phénomènes provoquent une série d'ondulations ; l'état de surface est moins satisfaisant qu'en fraisage de face.

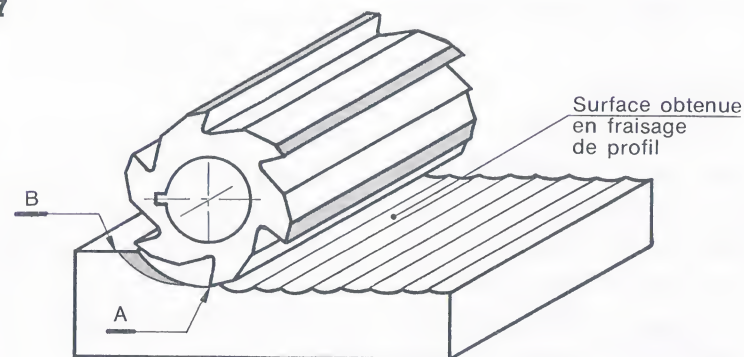
CONNAÎTRE LE MODE D'ACTION DES FRAISES



6a



7



CONNAÎTRE LE MODE D'ACTION DES FRAISES

5.33 CHOIX DU MODE

Le choix du mode de fraisage dépend :

- De la spécification d'état de surface,

ex. : $\sqrt{1,6 \text{ frb}}$, $\sqrt{3,2 \text{ fr}}$.

- De la spécification géométrique :
ex. : $\square 0,02$, $\square 0,05$.

- De la tolérance de la cote liant cette surface à une S.R. (surface de référence) de cotation : ex. IT 0,05.

- Des possibilités d'ablocage qui dépendent du volume de la pièce, de la machine utilisée, de la position de la surface usinée.

On utilisera le fraisage de face toutes les fois que ce sera possible.

5.4 POSITION RELATIVE PIÈCE/FRAISE EN FRAISAGE DE PROFIL

5.41 FRAISAGE

EN OPPOSITION

Le mouvement d'avance M_f de la pièce et le mouvement de coupe Mc de la fraise dans la zone fraisée sont de sens contraire (fig. 8).

- L'épaisseur du copeau est faible à l'attaque, puis maximale en fin de

trajectoire de la dent (voir défauts constatés au § 5.32).

- La résultante R des efforts de coupe est dirigée dans le sens opposé au M_f . Elle tend à soulever la pièce et à faire plaquer la vis contre le flanc de l'écrou avec lequel elle est déjà en contact.

- Ce procédé convient aux fraiseuses d'outillage.

5.42 FRAISAGE

EN CONCORDANCE

OU « EN AVALANT »

Le mouvement d'avance M_f de la pièce et le mouvement de coupe Mc de la fraise dans la zone fraisée sont de même sens (fig. 9).

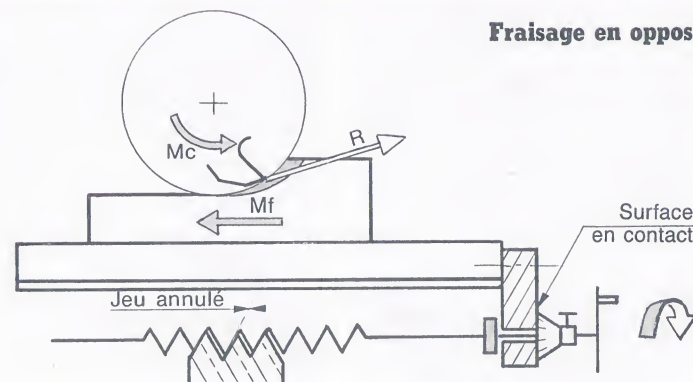
- L'épaisseur du copeau est maximale à l'attaque (travail par choc donc avance réduite), puis diminue constamment pour devenir nulle en fin de trajectoire de la dent : bonnes conditions de coupe, meilleur état de surface.

- La résultante R des efforts de coupe est dirigée dans le même sens que le M_f . Elle tend à faire plaquer la pièce sur la table, mais également à entraîner celle-ci en raison des jeux fonctionnels du système vis-écrou.

CONNAÎTRE LE MODE D'ACTION DES FRAISES

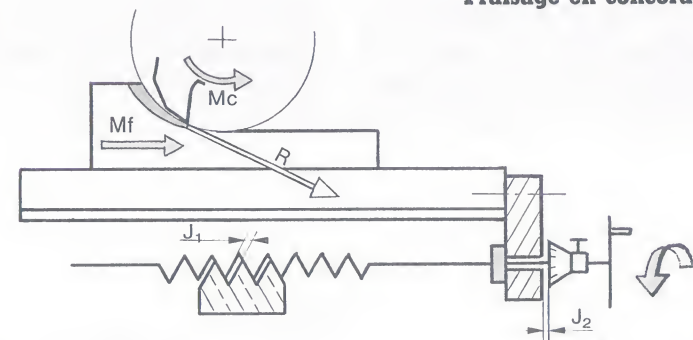
8

Fraisage en opposition



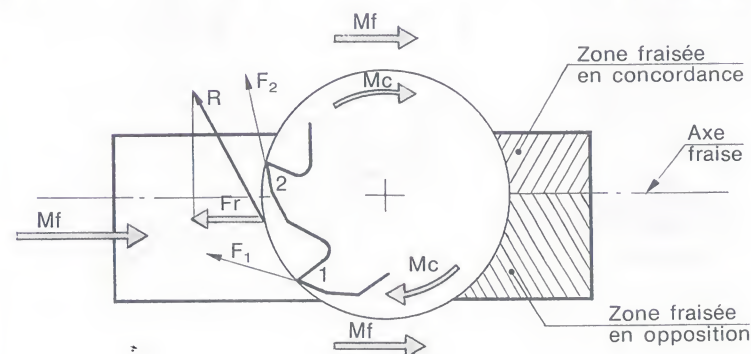
9

Fraisage en concordance



10

Fraisage de face



CONNAÎTRE LE MODE D'ACTION DES FRAISES

■ Ce procédé ne peut être utilisé que sur des fraiseuses spéciales, munies d'un dispositif de compensation des jeux du système vis-écrou, afin d'éviter que la table ne se déplace par à-coups.

5.5 POSITION RELATIVE PIÈCE/FRAISE EN FRAISAGE DE FACE

La zone fraisée est simultanément en opposition et en concordance; il convient cependant de désaxer légè-

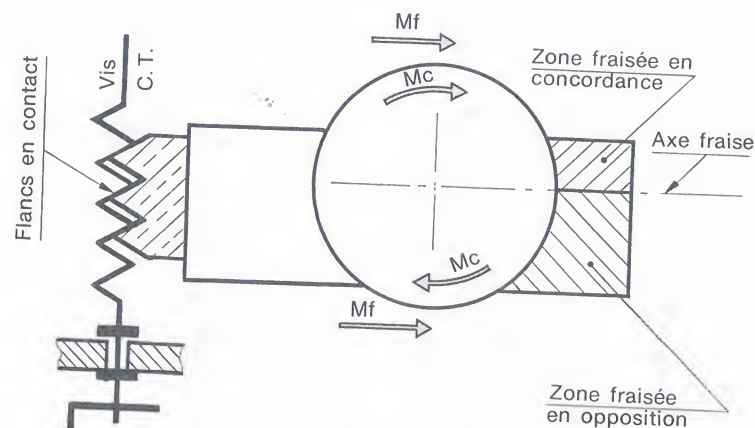
rement la pièce, par rapport à l'axe de la fraise, dans le but d'obtenir :

■ Une zone fraisée en opposition plus large que la zone fraisée en concordance.

■ Une composante axiale F_r de la résultante R des efforts de coupe, de sens opposé au déplacement de la pièce (fig. 10).

Terminer le réglage de façon à ce que les flancs des filets de la vis et de l'écrou soient en contact, afin qu'ils s'opposent au déplacement du chariot (fig. 11).

11



ORIENTER LA BROCHE

Il s'agit de situer l'axe de la broche dans une position angulaire précise par rapport au référentiel machine (fig. 1). La précision du réglage dépend de la méthode choisie.

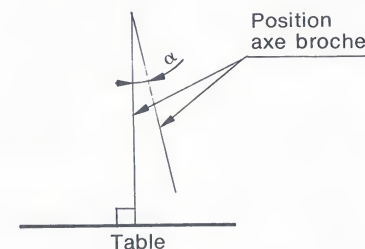
6.1 AXE VERTICAL

Cette position est souvent définie chez le constructeur, par la mise en

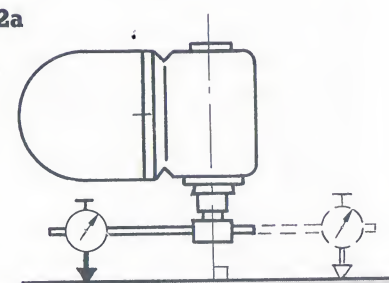
place d'une goupille amovible que l'on enlève pour faire pivoter la tête d'un angle α .

La remise en place nécessite de veiller à la propreté de la goupille et des alésages correspondants. Au cours du contrôle géométrique de la machine, on vérifie l'exactitude de la perpendicularité de l'axe de la broche suivant deux directions perpendiculaires (fig. 2a et 2b).

1

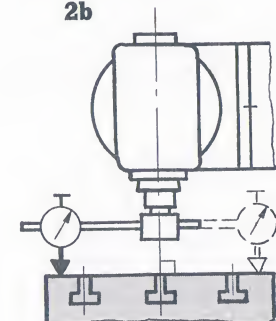


2a



Vérification de la perpendicularité de l'axe de la broche

2b



6.2 AXE HORIZONTAL

Lorsqu'il s'agit de la position horizontale pour une tête à double inclinaison, même remarque qu'au § 6.1. La vérification s'opère telle qu'à la figure 3 si la position n'est pas repérée par une goupille. S'il s'agit de la position en sortie directe (tête enlevée) ou du montage avec étrier, la position horizontale est définie par la qualité de construction de la machine.

6.3 AXE INCLINÉ D'UN ANGLE α

Considérons une inclinaison α dans le plan vertical. Les graduations de la coulisse permettent une approximation du réglage; certaines fraiseuses comportant un vernier, la précision peut atteindre $\pm 10'$. Dans certains cas, il faut améliorer la précision en utilisant diverses méthodes de réglage.

6.31 CALIBRE-ÉTALON

(fig. 4a et 4b)

■ Placer l'étalon dans un plan parallèle à celui de la rotation (fig. 4b), la face d'appui du calibre étant en contact avec la table (C.L.) ou avec le fond de l'étau.

■ Enlever la goupille, débloquent la tête, incliner de α en se servant des graduations, monter le comparateur dans la broche.

■ Par rotation de 180° de celle-ci (débrayée) et en agissant sur la tête, régler la position par lecture du comparateur, l'aiguille revenant au même repère.

■ Bloquer la tête et vérifier.

6.32 RÈGLE-SINUS (fig. 5)

■ Le mode opératoire est le même qu'au § 6.31, il est seulement précédé du réglage de l'appareil sinus à l'angle α désiré :

$$H = L \times \sin \alpha$$

6.33 CYLINDRE-ÉTALON

ET COMPAREUR (fig. 6)

■ Après approximation de l'inclinaison, monter dans la broche un cylindre-étalon. Avec la touche d'un comparateur fixé sur la table (C.L.), déplacer le C.V. d'une distance L en suivant la génératrice.

■ La variation de l'aiguille doit satisfaire la relation

$$v = L \times \sin \alpha, \text{ et } L = \frac{v}{\sin \alpha}$$

(fig. 6).

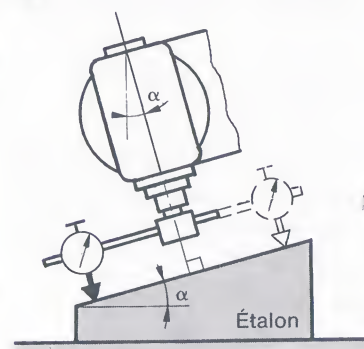
Il faut veiller à ce que v ne dépasse pas la capacité du comparateur. Choisir si possible L entier et multiple de 10.

REMARQUE

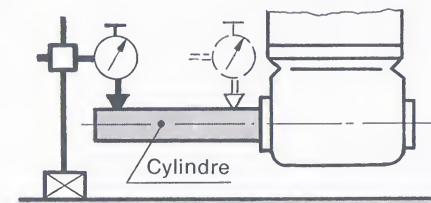
■ La précision de la mise en position de l'angle α broche dépend du degré

de justesse des accessoires utilisés : angle α étalon, réglage H de la barre-sinus, de la cylindricité de l'étalon, ainsi que de la rectitude de la génératrice et de la qualité du comparateur. Il faut donc s'efforcer d'opérer le plus soigneusement possible pour réduire l'erreur sur α à obtenir.

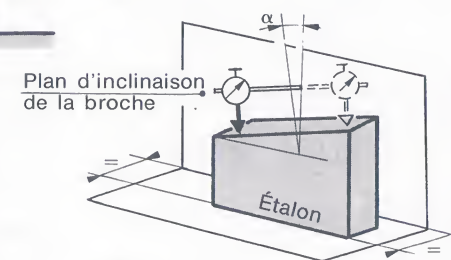
4a



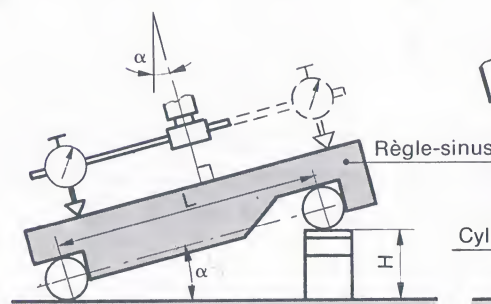
3



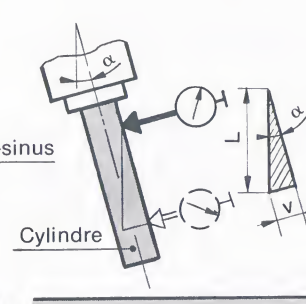
4b



5



6



7.1 PROBLÈME À RÉSOUDRE

■ Il s'agit de situer l'axe de la broche dans l'alignement de la S.R. de départ de cotation, pour effectuer ensuite un déplacement **X**. La méthode à choisir dépend de la nature de la S.R. (forme, état de surface), de la position de celle-ci par rapport au référentiel machine ou au référentiel porte-pièce.

■ La S.R. de départ peut être matérialisée par un plan (fig. 1), une forme cylindrique intérieure (fig. 2) ou extérieure (fig. 3), la génératrice d'un cylindre (fig. 4), la ligne d'intersection de deux plans (fig. 5).

7.2 PROCÉDÉS D'ALIGNEMENT

7.2.1 AVEC L'OUTIL

■ Tangenter avec la génératrice de l'outil sur la S.R. de départ et opérer un déplacement de : **r (outil) + X** (fig. 6).

■ L'appréciation du contact est souvent peu aisée (acuité visuelle); par ailleurs, la rotation de l'outil provoque sur la S.R. une trace parfois inacceptable.

7.2.2 AVEC UNE PIGE

■ Il existe trois possibilités de travail : soit avec une pige seule, soit avec une pige et une cale-étalon, ou encore avec une pige à contact électrique.

■ Avec une pige seule, de diamètre le plus juste possible, venir tangenter sur la S.R.

L'appréciation du contact est difficile.

Déplacement : **r (pige) + X**.

Précision $\approx 0,1$ mm (fig. 7).

■ En utilisant une cale-étalon entre la pige et la S.R. L'opération est facilitée en appréciant le glissement de la cale.

Déplacement : **r + e + X**.

Précision $\approx 0,05$ mm (fig. 8).

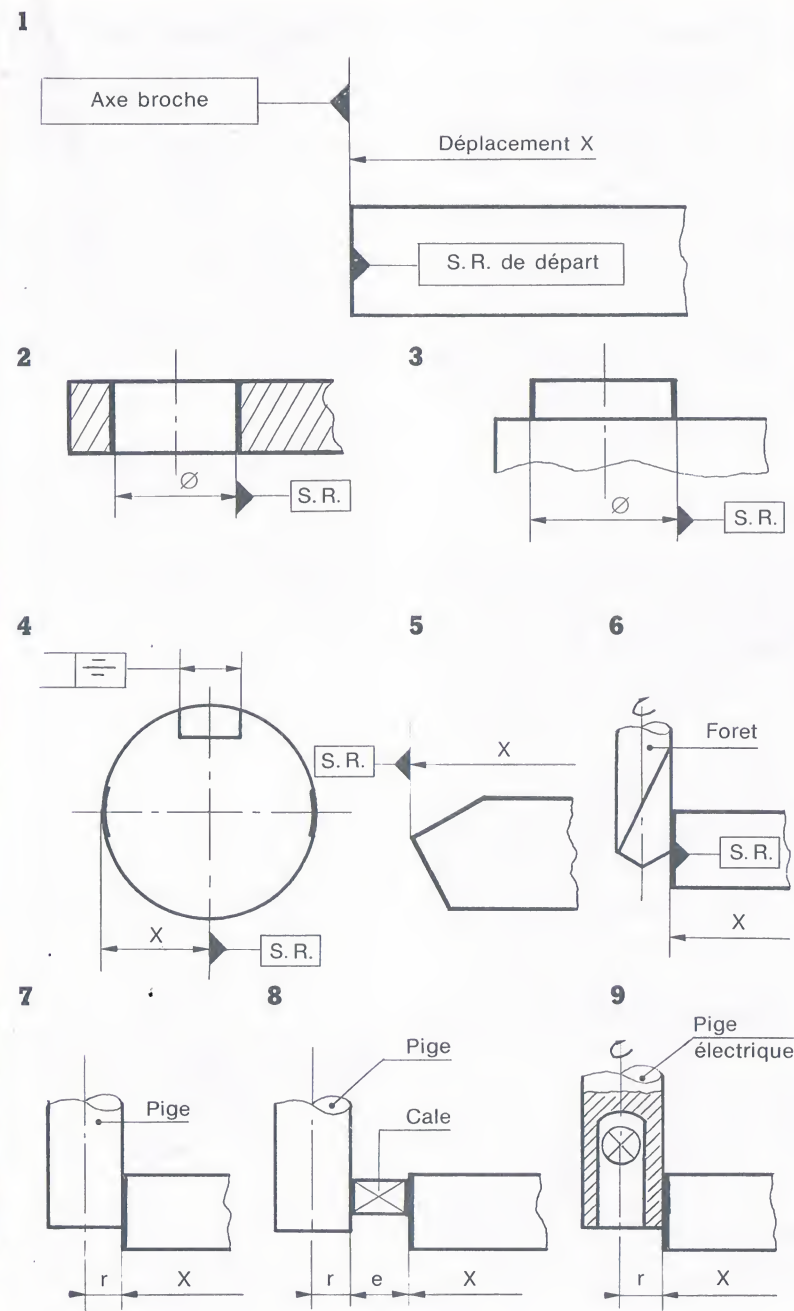
■ L'emploi de la pige électrique permet de tangenter plus aisément car, dès le contact, la lampe s'allume.

Déplacement : **r (pige) + X**.

Précision $\approx 0,02$ mm (fig. 9).

REMARQUE

■ Il faut tenir compte des défauts possibles de coaxialité, de cylindricité et de circularité; il y a toujours écrasement au niveau du contact de la **génératrice** et de la **S.R.**



7.23 DISPOSITIF DE CENTRAGE

■ C'est un système du type « Zentrox » qui élimine les défauts cités au § 7.22 (fig. 10 et 11).

■ Monter le « Zentrox » dans un mandrin à pince, régler N t/min \approx 700, tangenter sur la S.R. jusqu'au moment où il y a désaxage brusque de la partie inférieure. Déplacement : r (Zentrox) + X.

7.24 LUNETTE OPTIQUE

Appareil monté dans la broche. Il faut régler la hauteur de visée par rapport à la pièce ou à l'équerre pour avoir une netteté de l'image. Dans le réticule, on voit quatre traits orthogonaux donnant un espacement de 0,05 mm en grandeur réelle sur la pièce. Il suffit d'encadrer entre deux traits parallèles, soit l'arête de la pièce (fig. 12), soit un trait fin gravé sur l'équerre (fig. 13). On peut également viser tout point d'une courbe ou l'arête de l'intersection de deux plans.

7.25 CENTREUR À COMPARATEUR

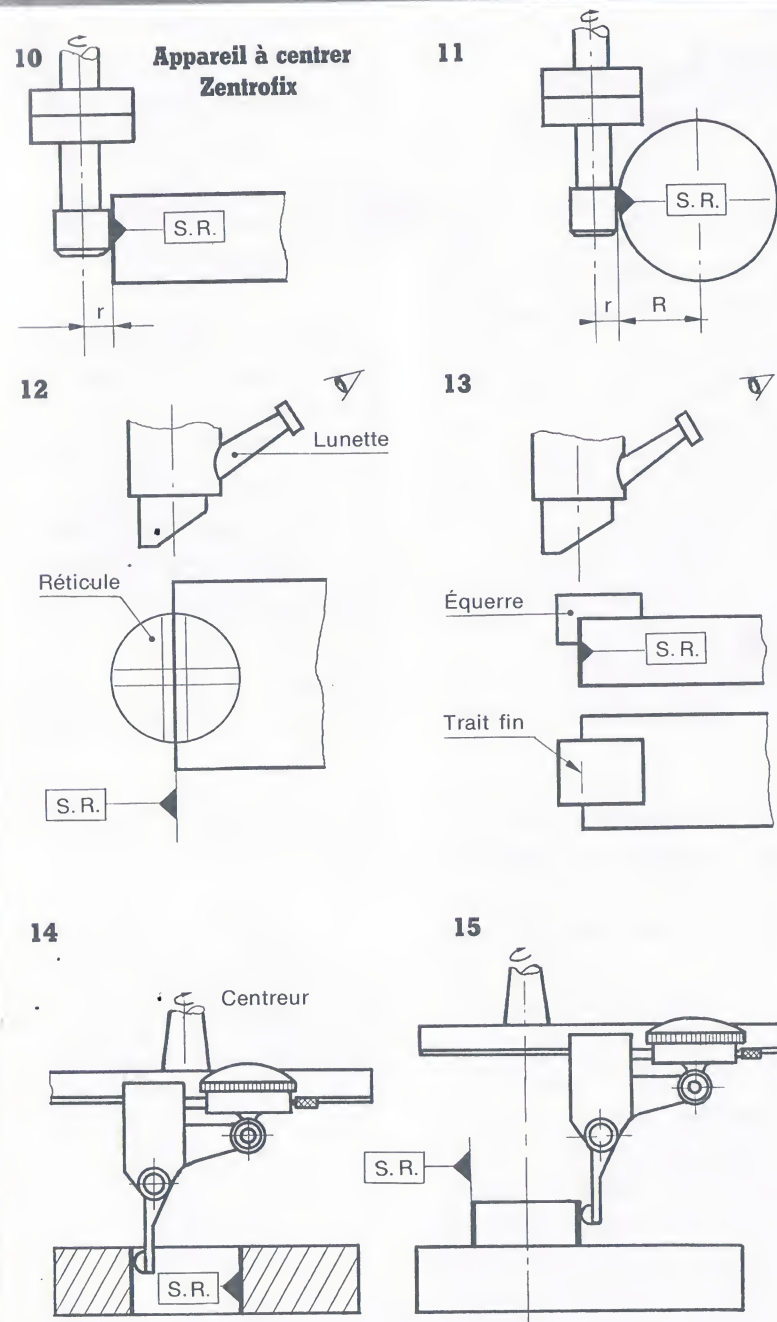
■ Alignement de l'axe de la broche avec l'axe d'un alésage, d'un épaulement cylindrique (fig. 14 et 15).

■ Monter le centreur dans la broche, en suivant l'arête de la forme référence, prérégler la position du coulisseau porte-comparateur. Débrayer la broche de la machine.

■ Engager le palpeur et opérer sur deux points opposés ; action sur C.T., puis action sur C.L. jusqu'à ce que l'aiguille du comparateur ne varie plus.

REMARQUE

■ On peut, par l'utilisation d'un centreur, situer l'axe de la broche verticale dans le plan axial d'un cylindre monté sur un diviseur universel.



8.1 PROBLÈME À RÉSOUDRE

Après avoir aligné l'axe de la broche avec la S.R. de départ, on effectue un ou plusieurs déplacements dont il faut contrôler la valeur de façon plus ou moins précise (fig. 1). La précision résulte souvent de l'indépendance entre la fonction contrôle et la fonction déplacement, et aussi de la qualité du système utilisé.

8.2 TAMBOUR GRADUÉ (fig. 2)

Le tambour gradué est solidaire de la vis. La précision dépend de la qualité de celle-ci : exactitude du pas et du nombre de graduations du tambour qui détermine la valeur de l'une d'elles. L'opérateur doit tenir compte du sens d'établissement des repères (jeux). Pour les grands déplacements, qui nécessitent un nombre important de tours, il y a risque d'erreur sur le nombre. Sur certaines machines, une règle graduée avec un index permet d'éviter le comptage des tours (fig. 3). Actuellement, la qualité d'exécution des vis

permet une précision de l'ordre de 0,02 mm sur machine en bon état.

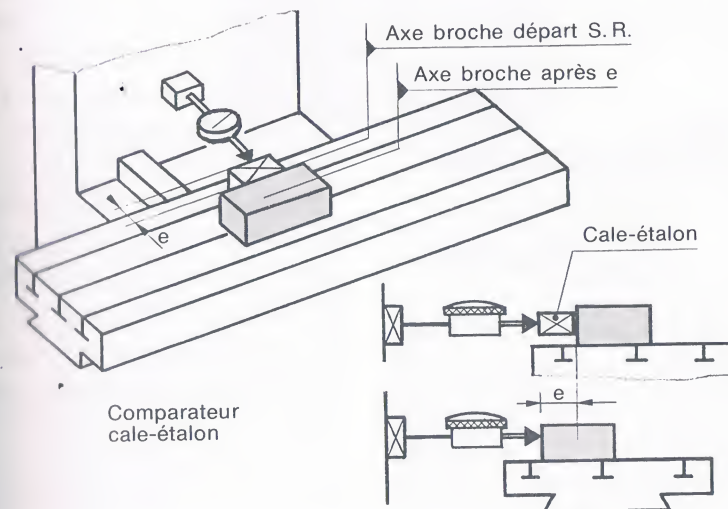
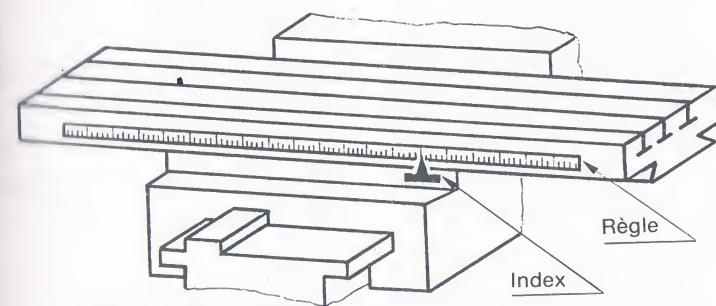
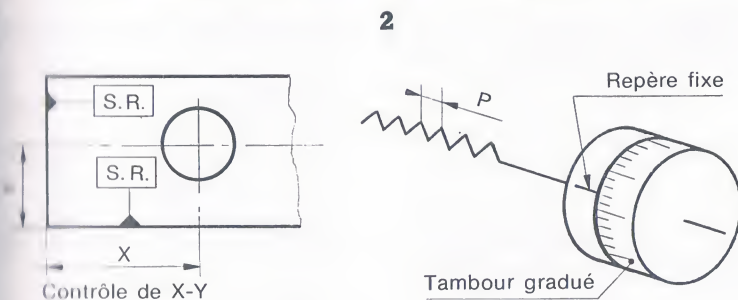
8.3 COMPAREUR-CALE (fig. 4)

Ce système est indépendant de la fonction déplacement ; la précision dépend de celle de la cale, des flexions et déformations au niveau du comparateur.

■ Prendre départ S.R. broche (voir chap. 7), régler l'aiguille du comparateur à zéro (tension de 0,5 ≈), cale mise en place, e.

■ Enlever celle-ci, déplacer le chariot jusqu'au retour de l'aiguille à zéro.

Opérer avec précaution ; la précision est de l'ordre de 0,01 mm.



8.4 LECTEUR OPTIQUE

(fig. 5)

Indépendant de la fonction déplacement, ce système utilise une règle graduée en millimètres de façon précise, fixée sur un chariot qui se déplace. Un lecteur optique comportant un vernier circulaire permet d'apprécier 0,01 mm. Après alignement broche-S.R., placer l'index en face d'un trait de la règle (ex. : 60). Mettre l'image d'un trait de la règle entre les deux fils du réticule (vernier à zéro). Déplacer visuellement de **X - 1 mm** en se guidant sur l'index, venir ensuite encadrer le **X^e** trait entre les fils. La rotation du vernier du lecteur déplace les fils du réticule et permet le contrôle des déplacements décimaux **X**, **25 ± 0,01** par exemple.

8.5 VISUALISATION NUMÉRIQUE DE COTES

Procédé indépendant de la fonction déplacement. Il est désormais très utilisé sur toutes machines. Il présente des qualités de précision et de fiabilité remarquables. Le système

de mesure est fondé sur la transformation des signaux électroniques d'une tête de lecture en quantités visualisées par des chiffres lumineux sur l'écran de l'appareil. Diverses possibilités d'utilisation sont offertes :

■ Présélection

Affichage de la cote à réaliser et décomptage jusqu'au zéro.

■ Zéro flottant

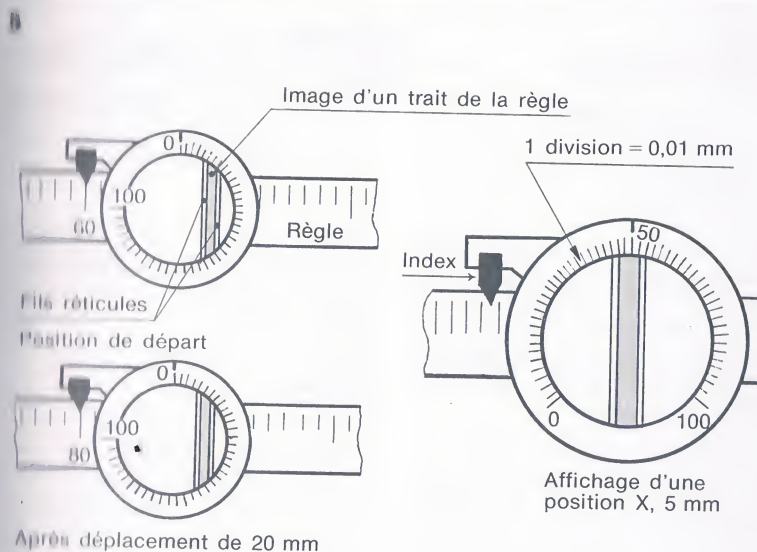
Mise à zéro des axes visualisés en un point quelconque des courses.

■ Zéro machine

Affichage du zéro sur le passage d'une marque de référence fixe de la règle.

■ Mémoire programmable

Sur certaines visualisations, il est possible de mettre en mémoire des programmes jusqu'à 90 positions. Celles-ci s'effectuent sur le clavier. Si on exécute l'enregistrement dans l'ordre des opérations à suivre, on peut accomplir le travail sans consulter le dessin. On élimine ainsi tous risques d'erreur. Les mouvements s'effectuent toujours en allant de l'affichage cote à l'affichage du zéro. Le nombre visualisé correspond à la partie restant à parcourir.



Après déplacement de 20 mm



9.1 VITESSE DE COUPE

9.1.1 DÉFINITION

C'est l'espace parcouru en mètres par l'extrémité d'une dent de la fraise en une minute. Si d est le diamètre de la fraise et n le nombre de tours par minute, on a :

$$V_c = \pi \times d \times n.$$

πd : espace parcouru en mètres pour un tour.

n : fréquence de rotation en tours par minute.

9.1.2 FACTEURS DONT DÉPEND LA VITESSE DE COUPE

La vitesse de coupe a une influence capitale sur la durée de vie des outils. Elle varie notamment avec la matière à usiner, le matériau de l'outil, la nature de l'opération (ébauche ou finition), le type de fraise utilisé (appliquer un coefficient de réduction pour une fraise à profil constant, ou une fraise-scie par exemple), les conditions de lubrification (travail à sec ou lubrifié).

9.2 DÉTERMINATION DE LA FRÉQUENCE DE ROTATION

La vitesse de coupe V_c étant donnée par des tableaux, il convient de déterminer la fréquence de rotation n .

■ Par le calcul en appliquant la formule :

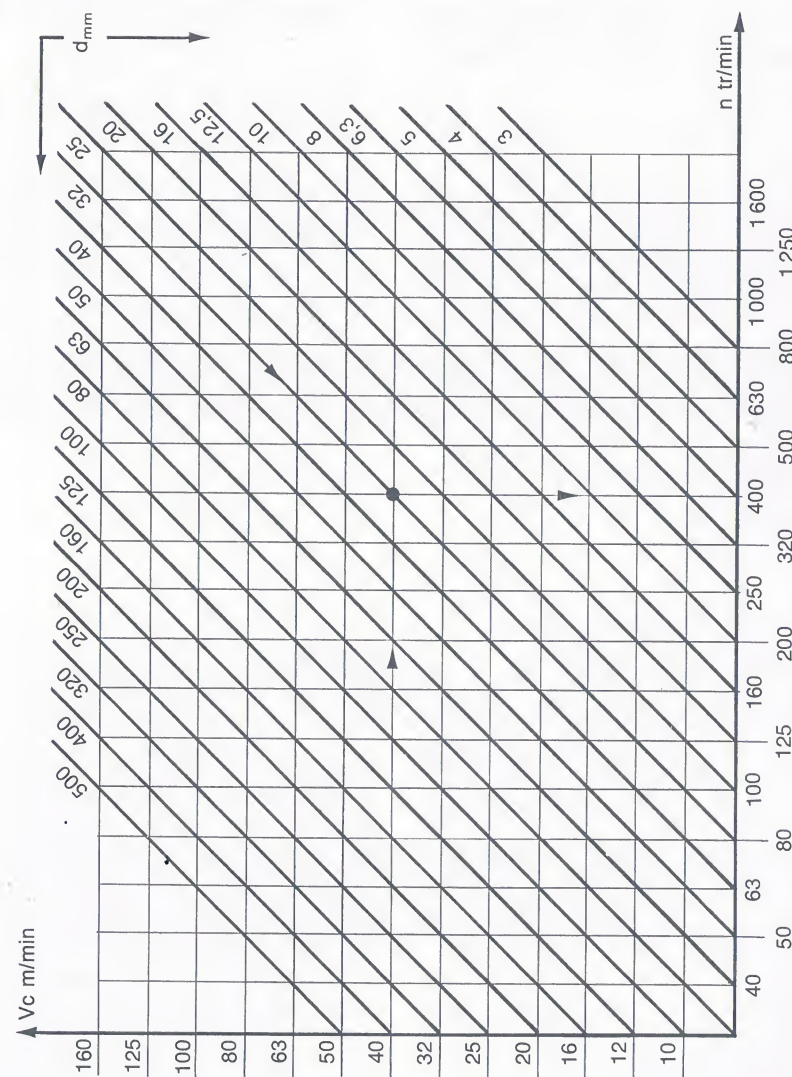
$$n = \frac{1000 V_c}{\pi d}$$

V_c : vitesse de coupe en mètres par minute.

d : diamètre de la fraise en millimètres.

Le diamètre des fraises étant exprimé en millimètres, la vitesse de coupe étant donnée en mètres par minute, on utilise le nombre 1000 dans cette formule pour la conversion des unités.

■ Par lecture sur un abaque (voir ci-contre). Lire, pour $d = 32$ et $V_c = 40$, $n = 400$ tr/min.



9.3 AVANCE

L'avance s'exprime par le **déplacement de la pièce en millimètres** pour :

- Une dent, c'est l'avance par dent f_z .
- Un tour, c'est l'avance par tour f .
- Une minute, c'est l'avance par minute V_f .

$$V_f = f_z \times Z \times n.$$

Z : nombre de dents de la fraise.
 n : fréquence de rotation en tr/min.

Les valeurs de f_z sont indiquées dans le tableau § 9.5; elles dépendent principalement de la matière à usiner, du matériau de l'outil et du type de fraise utilisé.

**COEFFICIENTS DE CORRECTION
À APPORTER À L'AVANCE PAR DENT f_z EN ÉBAUCHE**

Fraise 1 taille à surfacer : $K = 1$	Fraise 2 dents à rainurer : $K = 0,4$
Fraise 2 tailles à queue : $K = 0,4$	Fraise 3 tailles : $K = 0,4$
Fraise 2 tailles à trou : $K = 0,7$	Fraise à profil constant : $K = 0,4$

$$\text{Finition : } f_z = \frac{f_z}{2} \text{ (ébauche).}$$

Application

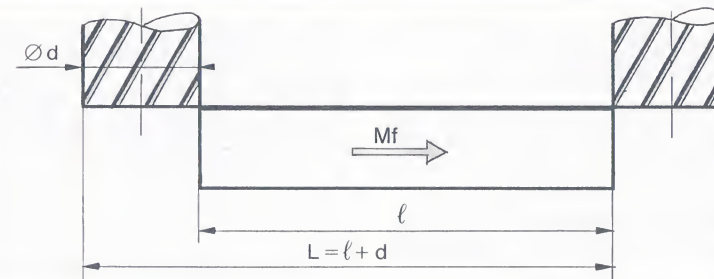
Calculons V_f pour une opération d'ébauche sur pièce en bronze avec une fraise 2 tailles à queue $\varnothing 32$, en A.R.S. de $Z = 5$ dents.

D'après le tableau, on trouve $f_z = 0,1$ mm et $V_c = 40$ m/min, $K = 0,4$.
 $f_z = 0,1 \times 0,4 = 0,04$ mm. Sur l'abaque, on lit $n = 400$ tr/min.

D'où :
 $V_f = f_z \times Z \times n = 0,04 \times 5 \times 400 = 80$ mm/min.

9.4 PROFONDEUR DE PASSE

La profondeur de passe ap dépend de la surépaisseur à usiner, ainsi que de la nature de l'opération (ébauche ou finition). Elle tend à diminuer, lorsque les exigences dimensionnelles, géométriques et d'état de surface deviennent plus rigoureuses. Elle ne doit pas être cependant inférieure au copeau minimum. La valeur maximale de ap est limitée par la rigidité de l'outil et la puissance de la machine.



9.5 TEMPS DE COUPE

Si L représente la longueur de la passe en millimètres, le temps de coupe t_c correspondant pour l'effectuer est déterminé par la relation :

$$t_c = \frac{L}{V_f}$$

t_c : temps de coupe en minutes.

V_f : avance en mm/min de la pièce.

Exemple

Calculer le temps de coupe pour une opération de surfacage avec une fraise 2 tailles à trous $\varnothing 63$ de Z

8 dents; vitesse de coupe utilisée $V_c = 16$ m/min; avance par dent $f_z = 0,1$ mm; longueur de la pièce $l = 96$ mm.

Solution :

$$n = \frac{1000 V_c}{\pi d} = \frac{1000 \times 16}{3,14 \times 63} = 80 \text{ tr/min.}$$

$$V_f = f_z \times Z \times n = 0,1 \times 8 \times 80 = 64 \text{ mm/min.}$$

$$L = l + d = 96 + 63 = 159 \text{ mm.}$$

Temps de coupe :

$$t_c = \frac{L}{V_f} = \frac{159}{64} = 2 \text{ min } 30 \text{ s.}$$

Fraisage de face	Outil A.R.S.		Outil carbure		
	Vc		fz	Vc	fz
	Ébauche	Finition			
Aciers Rm ≤ 70 hbar	22	26	0,15	90	0,2
Aciers Rm de 70 à 100 hbar	18	22	0,12	70	0,2
Aciers Rm de 100 à 120 hbar	16	20	0,1	60	0,15
Fonte Ft 20	22	26	0,15	70	0,25
Fonte GS	16	20	0,12	60	0,2
Laiton	60	80	0,1	220	0,3
Bronze	40	55	0,1	180	0,2
Alliages d'aluminium	100	140	0,1	250	0,2

10.1 OBJECTIF

Les opérations successives d'usinage nécessitent :

■ **La mise en position** de la surface usinée par rapport au référentiel machine OX, OY, OZ.

■ **L'immobilisation** de la pièce en cours d'usinage.

■ **L'absence de déformation** au moment de l'ablocage, en cours de travail et après démontage.

10.2 MISE EN POSITION

10.2.1 DÉFINITION DES DEGRÉS DE LIBERTÉ

Un solide, libre de toute sollicitation, possède six degrés de liberté :

■ Trois degrés en translation, trois degrés en rotation (fig. 1).

■ Une rotation suivant OZ (Rz), une translation suivant OZ (Tz).

■ Une rotation suivant OX (Rx), une translation suivant OX (Tx).

■ Une rotation suivant OY (Ry), une translation suivant OY (Ty).

10.2.2 EXEMPLES

DE MISE EN POSITION

Il faut, par des appuis, éliminer les six degrés de liberté.

Cas d'un parallélépipède (fig. 2)

■ Appui plan, 1-2-3 : on supprime trois degrés → **1T** (Tz) et **2R** (Rx, Ry).

■ Appui linéaire, 4-5 : on supprime deux degrés → **1T** (Tx) et **1R** (Rz).

■ Appui point, 6 : on supprime un degré → **1T** (Ty).

Cas d'un cylindre long (fig. 3)

■ Appui linéaire, 1-2 : on supprime deux degrés → (Tz), (Rx).

■ Appui linéaire, 3-4 : on supprime deux degrés → (Tx), (Rz).

■ Appui point, 5 : on supprime un degré → (Ty).

Cas d'un cylindre court (fig. 4)

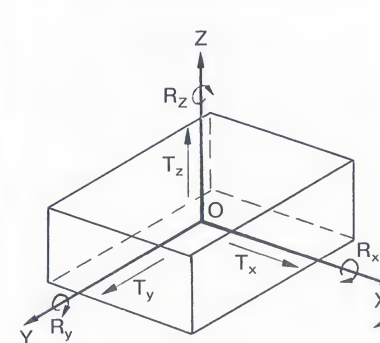
■ Appui plan, 1-2-3 : on supprime trois degrés → (Tz), (Ry), (Rx).

■ Appui point, 4 : on supprime un degré → (Tx).

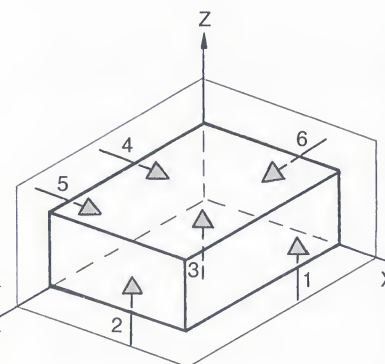
■ Appui point, 5 : on supprime un degré → (Ty).

La rotation Rz n'est pas supprimée ; cependant, le cylindre court est entièrement situé.

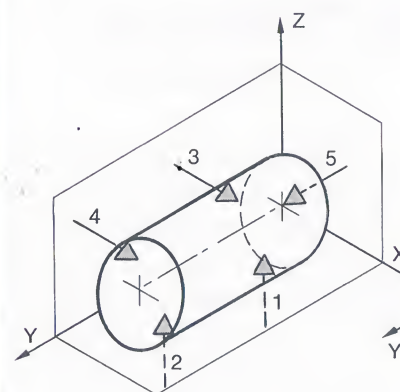
1 Les 6 degrés de liberté



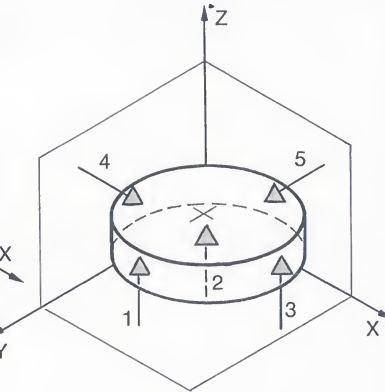
2 Mise en position d'un parallélépipède



3 Mise en position d'un cylindre long



4 Mise en position d'un cylindre court



10.23 PROBLÈME PRATIQUE

Placer les pièces dans le référentiel orthonormé de la machine et procéder à l'élimination des degrés de libertés par des appuis qui devront être matérialisés par des dispositifs de mise en position.

10.231 PIÈCES PRISMATIQUES

Elles peuvent être situées par exemple sur la table de la machine par six points d'appui (fig. 5) :

- Trois points par l'appui plan de la table.
- Deux points par l'appui linéaire de deux butées fixes ajustées dans une rainure.
- Un point par l'appui d'une butée fixe.

10.232 PIÈCES CYLINDRIQUES

Elles seront situées, en général, par cinq points d'appui :

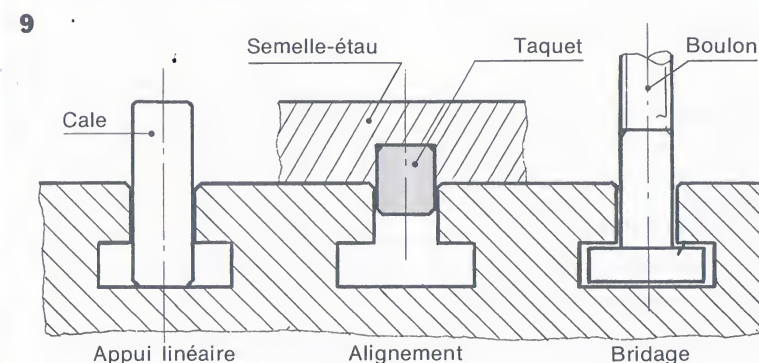
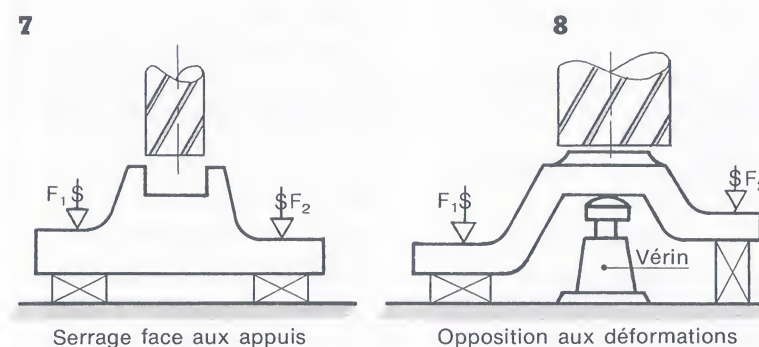
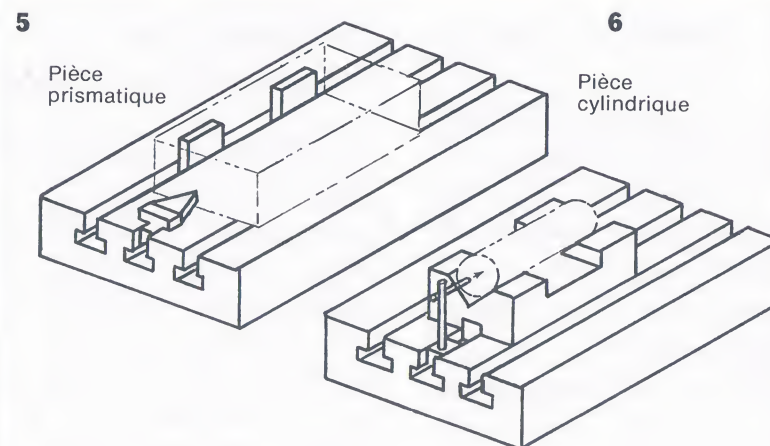
- Quatre points pour le centrage long, utilisation de deux vés courts alignés.
- Un point pour l'appui ponctuel, utilisation d'une butée fixe (fig. 6).

10.3 IMMOBILISATION : CONDITIONS À SATISFAIRE, PRINCIPES (fig. 7)

- Immobiliser la pièce, conserver la précision de la mise en position.
- Éviter les déformations (ablocage, efforts de coupe).
- Appliquer les efforts de serrage en face des appuis, dans une direction normale par rapport à la surface de contact, sauf dans le serrage par clames.
- Des appuis secondaires ou vérins (fig. 8) permettent d'éviter les phénomènes de vibrations et de déformations.

10.4 DISPOSITIFS D'ABLOQUE

Le système adopté doit permettre : le montage et le démontage rapide de la pièce, le passage de l'outil, le contrôle en cours d'usinage. Les actions de serrage peuvent être : verticales (brides, plateaux magnétiques), horizontales (brides, étaux), obliques (clames, montages d'usinage).



10.41 ABLOCAGE SUR TABLE (fig. 9)

La table de la fraiseuse constitue la première référence de mise en place de tous les systèmes porte-pièces. Elle comporte des rainures en T, calibrées, qui permettent :

- D'ajuster des cales qui serviront d'appuis linéaires.
- De recevoir des taquets d'alignement montés sur certains porte-pièces.
- De placer les boulons à têtes rectangulaires utilisés pour le bridage.

10.411 CONDITIONS D'UTILISATION D'UNE BRIDE (fig. 10)

Pour obtenir un serrage efficace par bridage, il faut :

- Utiliser une bride traitée, de forme et dimension adaptées.
- Placer le boulon le plus près possible de la pièce (cote a).
- Choisir et régler la cale d'appui légèrement plus haute (cotes h et h₁).
- Interposer toujours une rondelle entre l'écrou et la bride. Il est souhaitable que l'extrémité du boulon ne dépasse pas trop la bride.
- Placer, si nécessaire, une protection en métal tendre entre la bride et la pièce.

10.412 NATURE DES APPUIS

■ Pièce comportant une S.R. usinée (fig. 11)

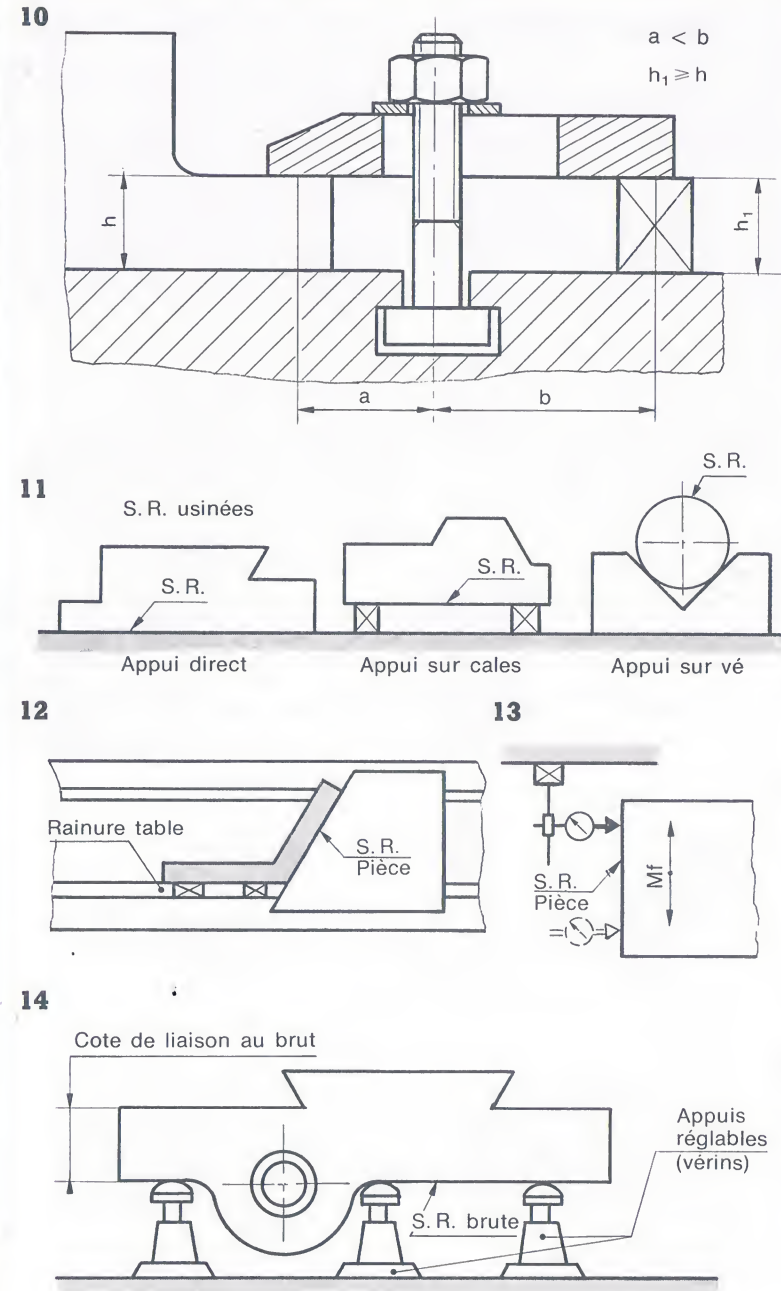
L'appui peut se faire directement sur la table, ou sur des cales prismatiques rectifiées, ou sur des cales en forme de V (pièces cylindriques), ou cales spéciales. Si on veut dégau-chir la pièce par rapport au C.L., soit on utilise les cales de rainure (fig. 5) ou une équerre (fig. 12), soit on vérifie avec un comparateur (fig. 13).

■ Pièce brute

La mise en position de la S.R. (liai-son au brut) doit se faire sur des appuis dont l'un au moins est réglable (vérins, butées à borne). La nature du contact pièce-appui sera presque toujours ponctuelle (fig. 14). Le dégauchissage de la surface à usiner est souvent à réaliser.

10.413 ACCESSOIRES DE SERRAGE

Pour les opérations de bridage, on utilise des boulons traités, à têtes rectangulaires, de différentes lon-gueurs. Les brides sont de formes et dimensions variées (fig. 15). Les sup-ports peuvent être des cales pris-matiques, étagées ou des vérins (fig. 16).



10.414 ACCESSOIRES DE MONTAGE (fig. 17)

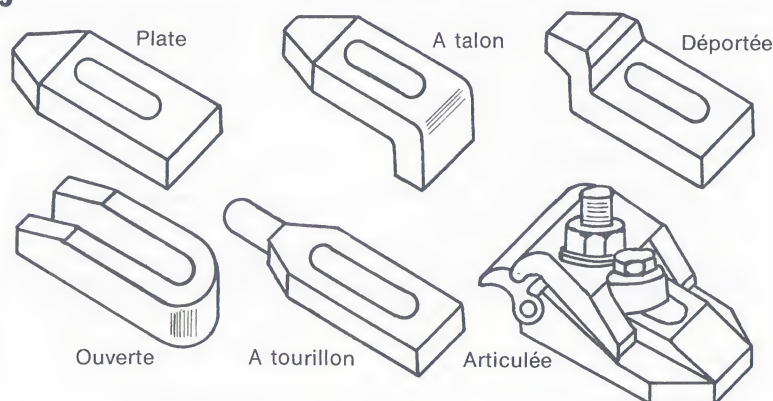
Certains usinages nécessitent l'emploi d'éléments de montage tels que :

■ Table-sinus pour des liaisons angulaires précises.

■ Cube ou équerre de bridage (changement de position sans démontage de la pièce).

■ Fausse table pour pièces encombrantes ou orientation d'un diviseur.

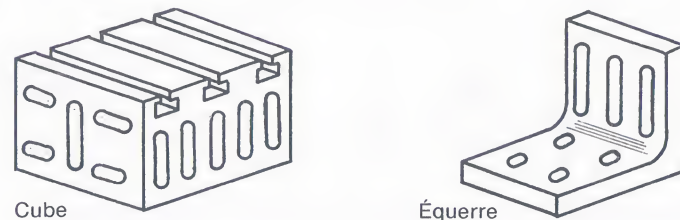
15



16



17



10.42 L'ÉTAU (fig. 18)

■ Ce porte-pièce est très utilisé pour l'ablocage en fraisage. Le serrage peut être assuré de façon mécanique (vis-écrou, came), par action hydraulique ou pneumatique.

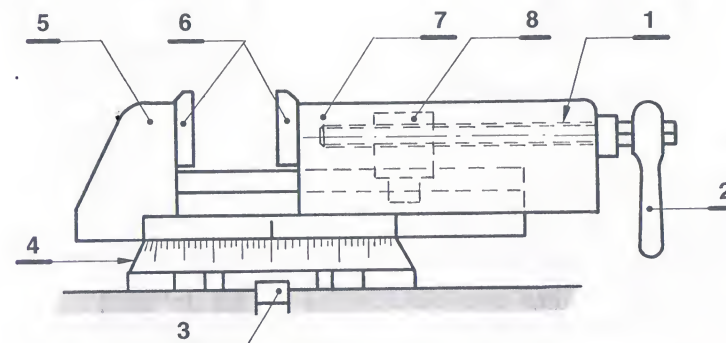
■ La mise en position précise, sur la table, est assurée par deux taquets rectifiés. Le réglage de l'alignement, par rapport au déplacement du C.L., peut se faire de deux façons : par goupille de position ou par réglage au comparateur (fig. 19). Sur certains modèles, la base pivo-

tante, graduée en degrés, permet d'orienter l'étau de l'angle α désiré. Le repérage se fait par lecture directe des graduations ou de manière plus précise ($\alpha \pm 5'$ par exemple) par un réglage au comparateur).

■ L'utilisation de mors spéciaux permet l'immobilisation de pièces cylindriques en position axe horizontal (fig. 20), ou vertical (fig. 21), l'immobilisation de pièces minces (fig. 22), et le fraisage de surfaces obliques (fig. 23).

1	Vis	5	Mors fixe
2	Manivelle	6	Mors rapportés
3	Taquet	7	Mors mobile
4	Base pivotante	8	Écrou

18



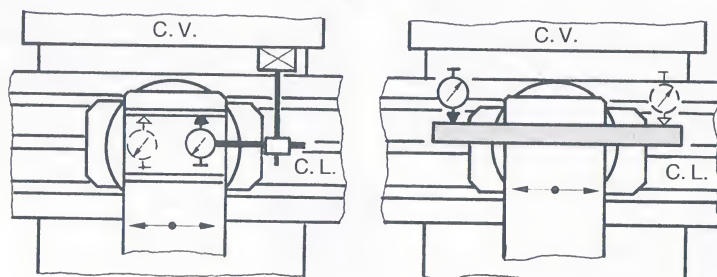
10.43 PLATEAU MAGNÉTIQUE

Cet appareil permet d'immobiliser des pièces magnétiques en libérant totalement la surface à usiner. On peut utiliser des accessoires tels que : plateau-sinus magnétique, vé magnétique, blocs répartiteurs. L'emploi de cales permet de s'oppo-

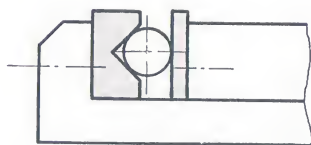
ser aux efforts de coupe et d'avance. Cette technique d'ablocage exige que la S.R. de contact de la pièce avec le plateau soit usinée. Sur les plateaux de conception récente, l'attraction est alors assez importante pour permettre de réaliser des travaux d'ébauche.

19

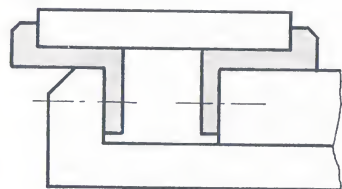
Réglage de l'étau



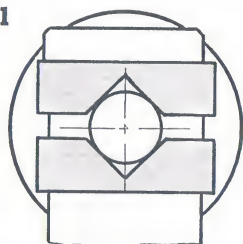
20



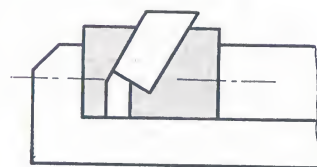
22



21



23



10.44 PLATEAU CIRCULAIRE

Ce porte-pièce a une table circulaire dont les rainures en T permettent le bridage des pièces de la même façon que sur la table de la fraiseuse. L'effort de serrage devra être modéré pour ne pas déformer le plateau et empêcher sa rotation. Pour atténuer certaines difficultés d'ablocage, dues parfois à la faible capacité du plateau, on peut utiliser des brides à talon. Pour certains travaux, on peut également placer sur le plateau des accessoires tels que : étau, cube, équerre, etc. (Voir fraisage avec plateau circulaire, chap. 14.)

reil composé de la poupée-diviseur et d'une contre-pointe. Il permet l'ablocage dans une position déterminée, avec possibilité d'évolutions angulaires (voir chap. 11, 12 et 13).

■ L'orientation de la broche permet le fraisage en position axe horizontal, axe incliné de α° (fig. 24), axe vertical (fig. 25). Les positions, horizontale et verticale, peuvent être repérées par une goupille de position ou par réglage au comparateur.

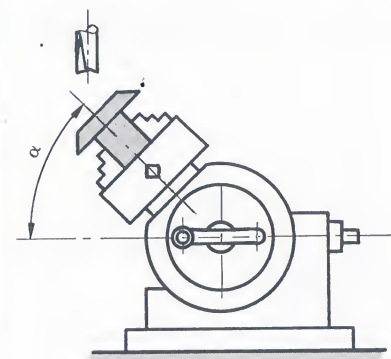
■ La broche comporte, d'une part, un nez fileté pour le montage d'un plateau pousse-toc, d'un plateau à trous, d'un mandrin trois mors (durs ou doux); d'autre part, un alésage conique qui peut recevoir une pointe ou un mandrin à pince.

10.45 DIVISEUR

10.451 DESCRIPTION, RÉGLAGES

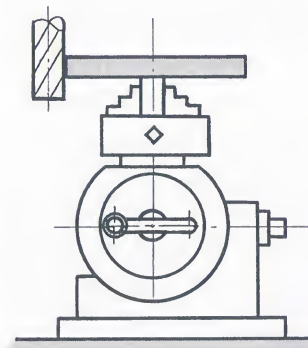
Le diviseur de fraisage est un appa-

24



Fraisage en position inclinée

25



Fraisage en position verticale

■ La contre-pointe, réglable en hauteur, reçoit une pointe légèrement dégagée au-dessus de son axe pour faciliter le passage de l'outil au cours de certains travaux.

■ L'alignement broche/contre-pointe est obtenu par la mise en place de taquets, sous la semelle du diviseur et de la contre-pointe, ceux-ci étant engagés dans une rainure de la table.

■ L'alignement en hauteur est obtenu par un réglage de la contre-pointe : on utilise un cylindre-étalon et un comparateur (fig. 26) ; on vérifie également la coaxialité.

10.452 DIFFÉRENTS MONTAGES DE PIÈCE

Montage en l'air

Utilisation du mandrin trois mors pour pièce dont la longueur n'excède pas trois fois le diamètre. Le réglage, difficile, de la coaxialité avec un comparateur s'impose avec ce porte-pièce (fig. 27). On peut distinguer trois cas : serrage par l'intérieur des mors (fig. 27), par l'extérieur (fig. 28), par l'intérieur des mors réversibles (fig. 29). Il faut souvent assurer la protection de la surface serrée par interposition de feillard (acier, laiton, aluminium)

ou de papier. Ces protections peuvent également servir au réglage de la coaxialité. L'obtention de celle-ci par choc au moyen d'une massette plastique est possible, mais nécessite une grande habileté de la part de l'opérateur. Il faut également régler le battement (voile) pour les pièces de grand diamètre et de faible épaisseur.

Montage mixte

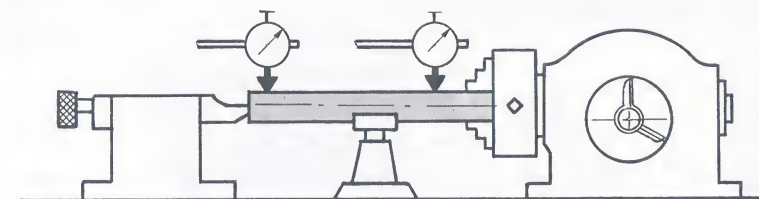
Après vérification de l'alignement broche/contre-pointe, la pièce est bloquée côté diviseur et soutenue par la pointe côté contre-pointe. Contrôler également la coaxialité. Pour effectuer une évolution angulaire, il est nécessaire de desserrer légèrement la contre-pointe.

Montage entre-pointes

La pièce comporte un centre à chaque extrémité. Un toc, immobilisé en rotation par le plateau pousse-toc, solidaire de la broche, assure le serrage sans excès de la pièce (protection). Pour le montage de pièce longue, un support réglable en hauteur, dont la partie supérieure a la forme d'un vé, permet de s'opposer aux flexions dues aux efforts de coupe (fig. 30).

Montage sur mandrin de reprise (fig. 31)

26



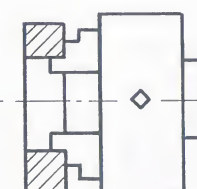
Alignement en hauteur

27



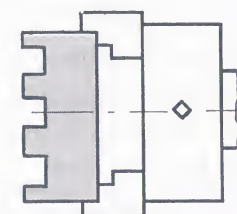
Serrage par l'intérieur des mors

28



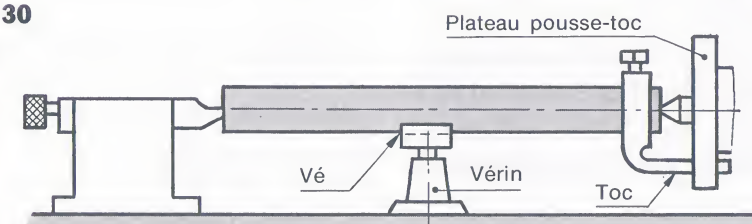
Serrage par l'extérieur

29



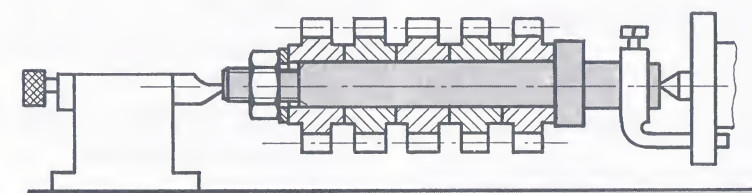
Mors réversibles serrage par l'intérieur

30



Montage entre-pointes

31



Montage sur mandrin de reprise

11.1 NOMENCLATURE (fig. 1)

1	Manivelle pointeau	5	Couple conique (r = 1)
2	Vis sans fin	6	Verrou d'immobilisation du plateau
3	Roue creuse	7	Plateau à trous
4	Broche	8	Arbre du couple conique

11.2 EXPÉRIMENTATION

■ Le pointeau étant situé sur le premier trou **X**, origine des numéros d'une rangée quelconque, tracer un repère **A** fixe sur le corps du diviseur. Tracer, en face, un repère **B** sur le porte-pièce (fig. 2).

■ Compter les tours du pointeau à chaque passage en **X**, jusqu'au moment où le repère **B** revient en face de **A**.

■ Suivant le type d'appareil, il faut : **40 ou 60 tours** de manivelle; cela signifie : que la roue **3** comporte **40 ou 60 dents**, que la vis **2** est à un filet.

Le rapport du diviseur est :
K = 40 ou K = 60.

11.3 RAISONNEMENT

■ Pour 1 tour de broche, il faut 40 tours de manivelle.

■ Pour $\frac{1}{2}$ tour de broche, il faut

$$40 \times \frac{1}{2} = 20 \text{ tours de manivelle.}$$

■ Pour $\frac{1}{12}$ tour de broche, il faut

$$40 \times \frac{1}{12} = 3 \frac{1}{3} \text{ tours de manivelle.}$$

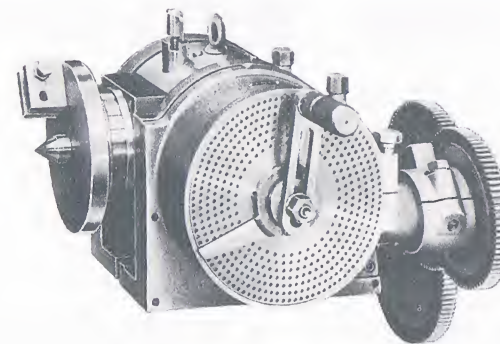
■ Pour $\frac{1}{N}$ tour de broche, il faut

$$40 \times \frac{1}{N} = \frac{40}{N} \text{ tours de manivelle.}$$

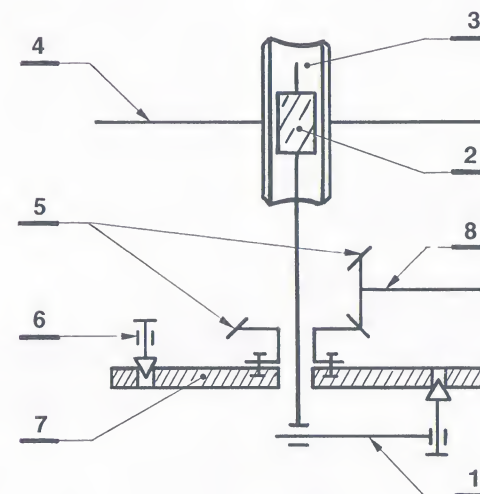
Le dénominateur des fractions $\frac{1}{2}, \frac{1}{12}, \frac{1}{N}$ représente en fait le nombre de divisions à effectuer.

■ **Formule générale :** N = nombre de divisions, K = rapport du diviseur.

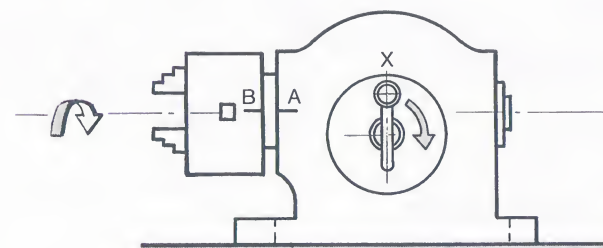
$\frac{K}{N}$ = fraction de tour de manivelle, ou nombre entier de tours de manivelle, ou nombre entier et fraction de tours de manivelle à effectuer.



1



2



11.4 APPLICATIONS

■ Soit à exécuter 8 encoches (fig. 3), $K = 40$, quelle est l'évolution de la manivelle ?

Appliquons la formule

$$\frac{K}{N} = \frac{40}{8} = 5 \text{ tours de manivelle.}$$

■ Soit à exécuter 24 crans d'une roue à rochets (fig. 4), quelle est l'évolution de la manivelle ?

$$\frac{K}{N} = \frac{40}{24} = \frac{20}{12} = \frac{5}{3} = 1 \frac{2}{3} \text{ tour de manivelle.}$$

11.5 RAISONNEMENT

■ Soit $K = 40$, un tour de broche = $360^\circ = 40$ tours de manivelle.

Pour évoluer de 1° , il faut

$$\frac{40}{360^\circ} = \frac{1}{9} \text{ tour.}$$

Pour évoluer de 30° , il faut

$$\frac{40 \times 30^\circ}{360^\circ} = 3 \frac{1}{3} \text{ tours.}$$

Pour évoluer de α° , il faut

$$\frac{40 \times \alpha^\circ}{360^\circ} = X \text{ tours.}$$

■ Formule générale

$$\frac{K \times \alpha}{360}$$

α = évolution angulaire.

K = rapport du diviseur.

11.6 APPLICATIONS

■ Soit à effectuer l'évolution de $\alpha = 30^\circ$, du locating (fig. 5), $K = 40$.

Appliquons la formule

$$\frac{K \times \alpha}{360^\circ} = \frac{40 \times 30^\circ}{360^\circ} = 3 \frac{1}{3} \text{ tours}$$

de manivelle.

■ Soit à effectuer une évolution de : $\alpha = 18^\circ 30'$, $K = 40$.

Convertissons $18^\circ 30'$ et 360° en minutes, $18^\circ 30' = 1110'$, et $360^\circ = 21600'$.

Appliquons la formule

$$\frac{K \times \alpha}{360^\circ} = \frac{40 \times 1110'}{21600'} = 2 \frac{1}{18} \text{ tours}$$

de manivelle.

11.7 PLATEAUX, ALIDADE (fig. 6)

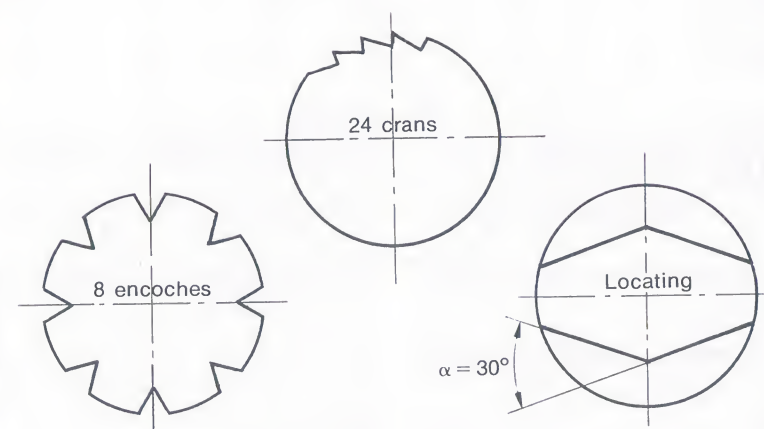
■ Les plateaux permettent d'évoluer d'une fraction de tour, celle-ci étant réglée entre l'ouverture des branches mobiles de l'alidade.

■ On considère toujours l'écartement des branches en nombre d'intervalles.

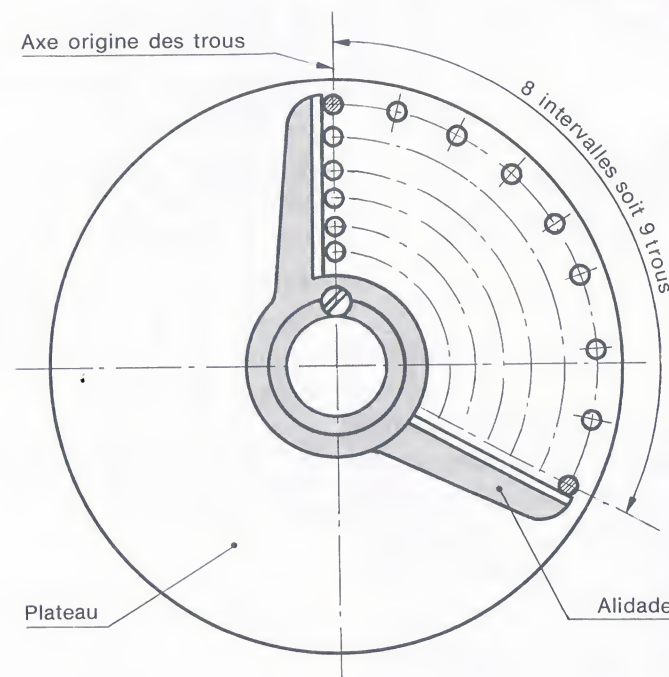
3

4

5



6



N°	Nombre de trous par rangée					
1	15	16	17	18	19	20
2	21	23	27	29	31	33
3	37	39	41	43	47	49

11.8 POINTEAU-MANIVELLE

L'ensemble pointeau-manivelle permet :

- De mettre la broche en rotation par la vis 2 et la roue 3.
- De suivre la rangée de trous choisie.
- D'immobiliser la position en engageant le pointeau dans un trou.

11.9 MODE OPÉRATEUR

- Soit $K = 40$, $N = 6$ crans.

$$\frac{K}{N} = \frac{40}{6} = 6\frac{2}{3}$$
 tours de manivelle.
- Il faut chercher dans les plateaux disponibles celui qui comporte au moins une rangée dont le nombre de trous est multiple de 3. Par exemple, plateau n° 2 : rangée de 33 trous ($3 \times 11 = 33$).
- Il faut régler l'écartement des

branches de l'alidade pour apprécier $\frac{2}{3}$ de tour, c'est-à-dire $\frac{22}{33}$ de tour.

- Situer le pointeau sur le départ de la rangée de 33 trous, placer la branche **A** en appui contre le pointeau, compter 22 intervalles donc 23 trous, placer la branche **B** au 23^e trou, bloquer l'alidade, vérifier, exécuter le premier cran.

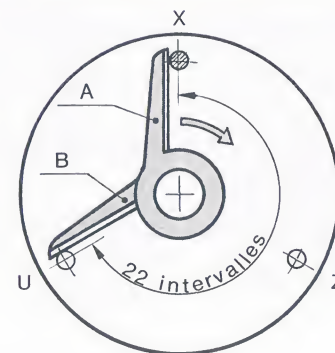
- Dégager le pointeau, faire 6 trous comptés en **A**, venir engager le pointeau au 23^e trou en appui sur **B** (position **U**, fig. 7).

- Déplacer l'alidade (de façon à situer la branche **A** en position **U** (fig. 8), et exécuter le 2^e cran.

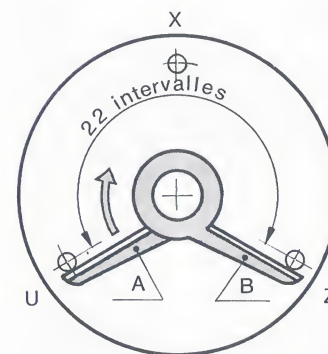
- Dégager le pointeau, faire 6 tours comptés en **A**, venir engager le pointeau au 23^e trou en appui sur **B** (position **Z**, fig. 8).

- Déplacer l'alidade (situer la branche **A** en position **Z**, fig. 9) et exécuter le 3^e cran.

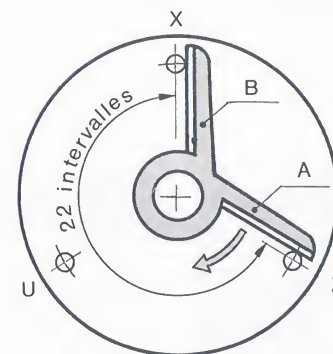
7



8



9



■ Dégager le pointeau, faire 6 tours comptés en **A**, venir engager le pointeau au 23^e trou en appui sur **B** (position **X**, fig. 9).

■ Déplacer l'alidade (de façon à situer la branche **A** en position **X**).

■ Le cycle recommence au point de départ.

11.10 APPLICATIONS PRATIQUES

1^{er} PROBLÈME

Soit K = 40, N = 36. Appliquons

$$\frac{K}{N} = \frac{40}{36} = \frac{10}{9} = 1 \frac{1}{9} \text{ tr.}$$

Choisir le plateau n° 2, rangée de 27 trous, par exemple.

Régler l'alidade à :

$$\frac{1}{9} \times \frac{3}{3} = \frac{3}{27} \rightarrow \text{intervalles, soit 4 trous}$$
$$\frac{1}{9} \times \frac{3}{27} = \frac{3}{27} \rightarrow \text{rangée de 27 trous}$$

Effectuer pour une division :

$$1 \frac{3}{27} \text{ tour.}$$

2^e PROBLÈME

Soit K = 40, N = 72. Appliquons

$$\frac{K}{N} = \frac{40}{72} = \frac{5}{9} \text{ tour.}$$

Choisir le plateau n° 1, rangée de 18 trous, par exemple.

Régler l'alidade à :

$$\frac{5}{9} \times \frac{2}{2} = \frac{10}{18} \rightarrow \text{intervalles, soit 11 trous}$$
$$\frac{5}{9} \times \frac{2}{18} = \frac{10}{18} \rightarrow \text{rangée de 18 trous}$$

Effectuer pour une division :

$$1 \frac{10}{18} \text{ tour.}$$

3^e PROBLÈME

Soit K = 40, α = 22° 30'.

Transformons 22° 30' en minutes.

22° 30' = 1350'. Appliquons

$$\frac{K \times \alpha^\circ}{360^\circ} = \frac{K \times \alpha'}{21600'}$$
$$\frac{40 \times 1350'}{21600'} = \frac{135}{54} = 2 \frac{27}{54} \text{ tr} = 2 \frac{1}{2} \text{ tr.}$$

Choisir le plateau n° 1, rangée de 20 trous, par exemple.

Régler l'alidade à :

$$\frac{1}{2} \times \frac{10}{10} = \frac{10}{20} \rightarrow \text{intervalles, soit 11 trous}$$
$$\frac{1}{2} \times \frac{10}{20} = \frac{10}{20} \rightarrow \text{rangée de 20 trous}$$

Effectuer pour une division :

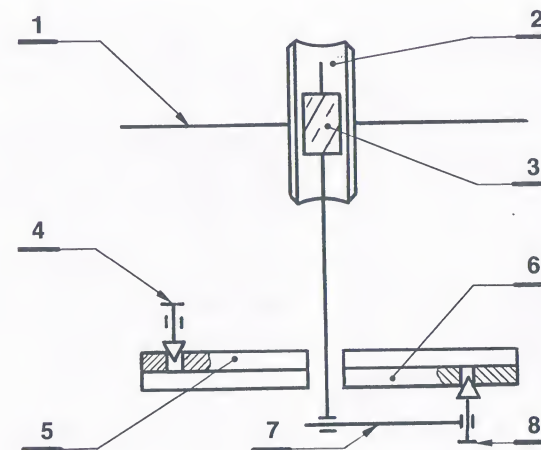
$$2 \frac{10}{20} \text{ tours.}$$

12.1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU DIVISEUR (fig. 1)

Lorsqu'on fait évoluer la manivelle, les deux plateaux (**solidaires l'un de**

l'autre) sont immobilisés par un pointeau arrière fixe en rotation. Lorsque l'on dégage le pointeau arrière, on peut faire évoluer l'ensemble plateaux-manivelle, à condition que le pointeau avant soit engagé dans un trou.

1



NOMENCLATURE

1	Axe broche	5	Plateau à trous arrière
2	Roue creuse	6	Plateau à trous avant
3	Vis sans fin	7	Manivelle
4	Pointeau arrière	8	Pointeau avant

12.2 PROBLÈME À RÉSOUDRE

Soit à tailler les 57 dents d'un engrenage cylindrique droit en vue d'une réparation.

Quelle sera l'évolution nécessaire pour passer d'une dent à une autre dent avec un diviseur de rapport $K = 40$.

Plateaux à trous disponibles :

N° 1	15	16	17	18	19	20
N° 2	21	23	27	29	31	33
N° 3	37	39	41	43	47	49

12.2.1 RAISONNEMENT

Appliquons la formule : $\frac{K}{N} = \frac{40}{57}$.

On ne dispose pas de cercle de 57 trous, le problème n'est pas réalisable en division simple. La méthode de division composée exposée ci-dessous permet de résoudre celui-ci.

■ **Décomposons** le dénominateur de la fraction $\frac{40}{57}$ en un produit.

$$\text{■ On a : } \frac{40}{57} = \frac{40}{3 \times 19}.$$

■ **Remplaçons** le numérateur par deux nombres, l'un multiple de 3 (X), l'autre de 19 (Y).

La somme ou la différence de ces deux nombres, (X + Y) ou (Y - X) doit être égale à 40.

RECHERCHE DES DEUX NOMBRES

X (multiples de 3)	3 - 6 - 9 - 12 - 15 - 18 - 21 - 24 - 27 - 30 - 33 - 36 - etc.
Y (multiples de 19)	19 - 38 - 57 - 76 - 95 - 114 - 133 - 152 - 171 - etc.
X + Y = 40	Une seule solution : 21 + 19 = 40
Y - X = 40	Une seule solution : 76 - 36 = 40

Trouvons dans les lignes des multiples deux nombres X et Y. L'un (X) étant multiple de 3, l'autre (Y) mul-

tiplé de 19, dont la somme ou la différence soit égale à 40.

1^{re} solution

$$\begin{aligned} \text{■ } \frac{40}{57} &= \frac{40}{3 \times 19} = \\ &= \frac{21}{3 \times 19} + \frac{19}{3 \times 19} = \\ &= \frac{7}{19} + \frac{1}{3} = \frac{7}{19} + \frac{11}{33}. \end{aligned}$$

2^e solution

$$\begin{aligned} \text{■ } \frac{40}{57} &= \frac{40}{3 \times 19} = \\ &= \frac{76}{3 \times 19} - \frac{36}{3 \times 19} = \frac{4}{3} - \frac{12}{19} = \\ &= \frac{28}{21} - \frac{12}{19}; \text{ soit : } 1 \text{ tr } \frac{7}{21} - \frac{12}{19}. \end{aligned}$$

12.2.2 MANŒUVRES À EFFECTUER

- Pour la 1^{re} solution, monter sur le diviseur les plateaux 1 et 2.
- Régler l'alidade à 7 intervalles sur le plateau avant, rangée de 19 trous.
- Régler l'alidade à 11 intervalles sur le plateau arrière, rangée de 33 trous.

■ Effectuer 7 intervalles, soit 8 trous, sur la rangée de 19 trous du plateau avant, à l'aide de la manivelle. Engager le pointeau avant (fig. 2).

■ Dégager le pointeau arrière et tourner, dans le **même sens** que lors de la première évolution, l'ensemble plateau-manivelle de 11 intervalles, soit 12 trous, sur la rangée de 33 trous du plateau arrière.

■ Engager le pointeau arrière (fig. 3).

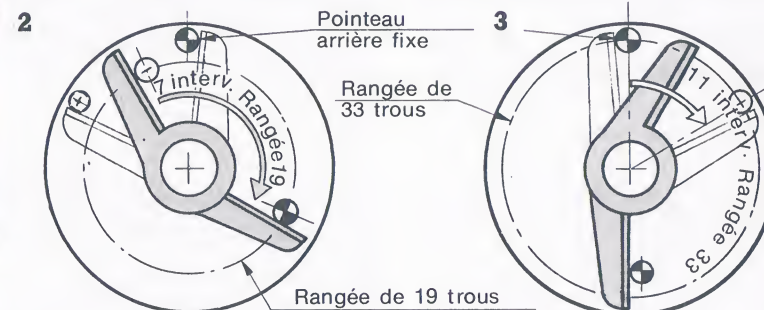
12.3 FORMULE GÉNÉRALE

$$\frac{K}{N} = \frac{X}{a \times b} \pm \frac{Y}{a \times b}$$

X = première inconnue multiple de a.
Y = deuxième inconnue multiple de b.

$$a \times b = N.$$

$$X + Y = K \text{ ou } X - Y = K.$$



REMARQUE

■ Les évolutions sont à faire dans le même sens lorsque les fractions s'ajoutent; en sens inverse, lorsque les fractions se soustraient.

12.4 EXEMPLES NUMÉRIQUES

1^{er} PROBLÈME

$$K = 40. N = 63. a \times b = 9 \times 7 = 63.$$

Recherchons X et Y.

X (multiples de 9)	9 - 18 - 27 - 36 - 45 - (54) - 63 - 72 - 81 - 90 - 99...
Y (multiples de 7)	7 - (14) - 21 - 28 - 35 - 42 - 49 - 56 - 63 - 70 - 77...
X + Y	Aucune solution
X - Y	Une seule solution : 54 - 14 = 40

■ On peut alors écrire :

$$\frac{K}{N} = \frac{40}{63} = \frac{X}{9 \times 7} - \frac{Y}{9 \times 7} =$$

$$\frac{(54)}{9 \times 7} - \frac{(14)}{9 \times 7} =$$

$$\frac{6}{7} - \frac{2}{9} = \frac{42}{49} - \frac{6}{27}.$$

2^e PROBLÈME

$$K = 40. \alpha = 172^\circ 45'.$$

■ Transformons $172^\circ 45'$ en minutes. $172^\circ 45' = 10320' + 45' = 10365'.$

■ Appliquons la formule de la division angulaire :

$$K \times \alpha = \frac{40 \times 10365'}{360} = \frac{21600'}{108} = \frac{691}{36}.$$

■ On peut alors écrire :

$$\frac{691}{36} = \frac{X}{a \times b} \pm \frac{Y}{a \times b} = \frac{X}{9 \times 4} \pm \frac{Y}{9 \times 4}.$$

■ Après recherche, $X = 700$ et $Y = 9$. D'où

$$X - Y = 700 - 9 = 691.$$

■ Remplaçons les lettres par leur valeur :

$$\frac{(700)}{9 \times 4} - \frac{(9)}{9 \times 4} = \frac{175}{9} - \frac{1}{4}$$

$$= 19 \text{ tr } \frac{4}{9} - \frac{1}{4} = 19 \text{ tr } \frac{12}{27} - \frac{5}{20}.$$

REMARQUE

■ Il est préférable d'adopter une solution conduisant à deux mouvements additifs pour éviter l'erreur due au jeu fonctionnel.

13.1 INTÉRÊT DE LA MÉTHODE

Pour les divisions en **nombre premiers**, la méthode de division simple ne conduit pas toujours au résultat souhaité en raison du nombre limité des rangées de trous des plateaux. On utilise la **méthode différentielle**.

13.2 PROBLÈME À RÉSOUDRE

■ Soit à effectuer $N = 59$ divisions sur un diviseur de rapport $K = 40$.

■ La division **simple** n'est pas **réalisable** (si l'on ne possède pas une rangée de 59 trous).

■ **Choisissons** un nombre de divisions N' voisin de N et réalisable en division simple.

$$2 \text{ cas : } \begin{array}{l} N' = 60, \text{ donc } N' > N \\ N' = 56, \text{ donc } N' < N \end{array}$$

13.21 CALCULONS LA DIVISION SIMPLE CORRESPONDANT À N' 13.211 1^{er} CAS : $N' > N$

$$\frac{K}{N'} = \frac{40}{60} = \frac{2}{3} \text{ de tour de manivelle,}$$

$$\text{soit } \frac{22}{33} \text{ de tour.}$$

RAPPEL

Évolution de la manivelle pointeau : 22 intervalles, soit 23 trous, rangée de 33 trous, plateau n° 2.

13.212 2^e CAS : $N' < N$

$$\frac{K}{N'} = \frac{40}{56} = \frac{5}{7} = \frac{15}{21} \text{ de tour de manivelle.}$$

Rappel

Évolution de la manivelle-pointeau : 15 intervalles, soit 16 trous, rangée de 21 trous, plateau n° 2.

13.213 OBSERVATION

Dans le 1^{er} cas ($N' = 60$), nous aurions **1 division en trop**.
Dans le 2^e cas ($N' = 56$), nous aurions **3 divisions en moins**.

13.22 ERREUR COMMISE POUR UNE DIVISION EFFECTUÉE

13.221 1^{er} CAS : $N' > N$

L'erreur est : $\frac{40}{N} - \frac{40}{N'}$ (puisque $\frac{40}{59} > \frac{40}{60}$).

13.222 2^e CAS : $N' < N$

L'erreur est : $\frac{40}{N'} - \frac{40}{N}$ (puisque $\frac{40}{56} > \frac{40}{59}$).

13.223 CORRECTION DE L'ERREUR

Il faut donc **corriger cette erreur** : si pendant le déplacement de la manivelle le plateau à trous tourne (**mouvement différentiel**), dans un sens ou dans l'autre, on peut compenser cette erreur.

13.224 1^{er} CAS : $N' > N$ (fig. 1)

L'écart angulaire α_1 obtenu pour une division est trop petit. Il faut que le plateau tourne dans le même sens que la manivelle, d'une valeur α_2 , pour que le pointeau atteigne le trou **A** en position **A'**.

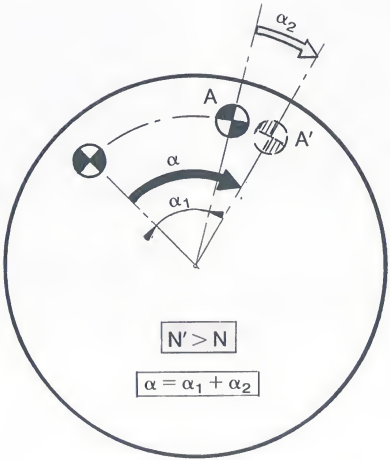
$N' > N$: la manivelle et le plateau tournent dans le même sens.

13.225 2^e CAS : $N' < N$ (fig. 2)

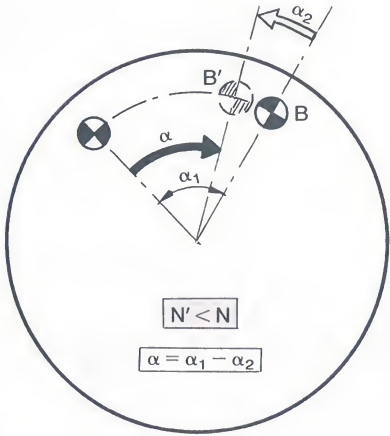
L'écart angulaire α_1 obtenu pour une division est trop grand. Il faut que le plateau tourne en sens inverse par rapport à la manivelle d'une valeur α_2 , pour que le pointeau atteigne le trou **B** en position **B'**.

$N' < N$: la manivelle et le plateau tournent en sens inverse.

1



2



α_1	Déplacement angulaire manivelle pour N'
α_2	Déplacement angulaire différentiel du plateau
α	Déplacement angulaire réel du pointeau.

13.3 SOLUTION TECHNOLOGIQUE

Il faut faire tourner le plateau de α_2 (mouvement différentiel), par l'action d'un train d'engrenages (fig. 3).

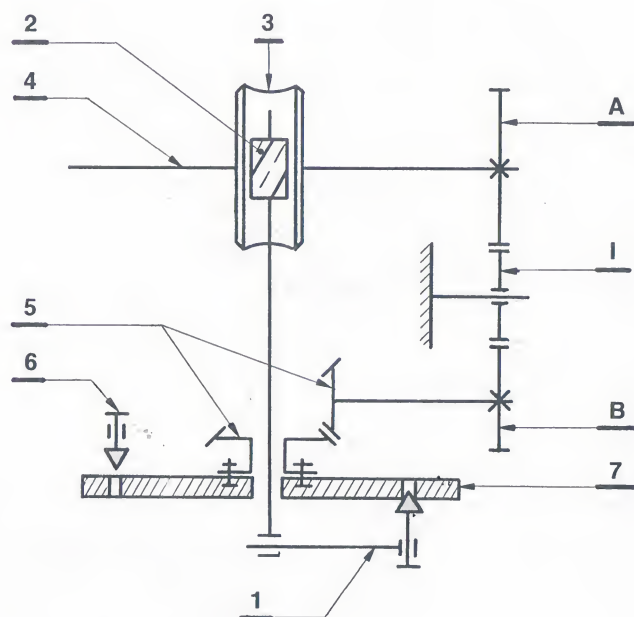
13.31 PRINCIPE

La manivelle 1 entraîne la vis sans

fin 2 ainsi que la roue creuse 3. La broche 4 tourne et actionne la roue A qui commande la roue intermédiaire I et la roue B. Cette dernière est liée par un couple conique 5 ($r = 1$) au plateau à trous 7 (dont le verrou 6 est retiré).

Le plateau à trous tourne.

3

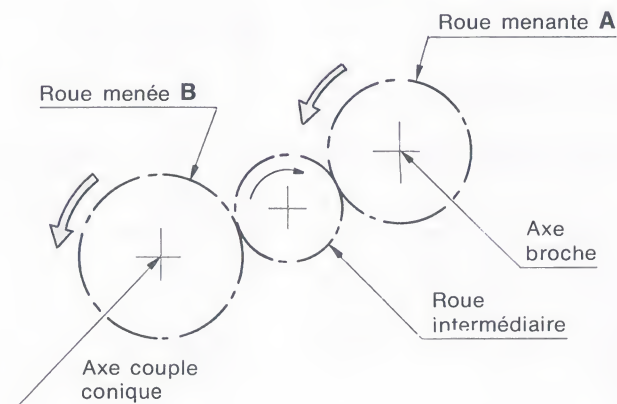


13.32 MODIFICATION DU SENS DE ROTATION DU PLATEAU (fig. 4 et 5)

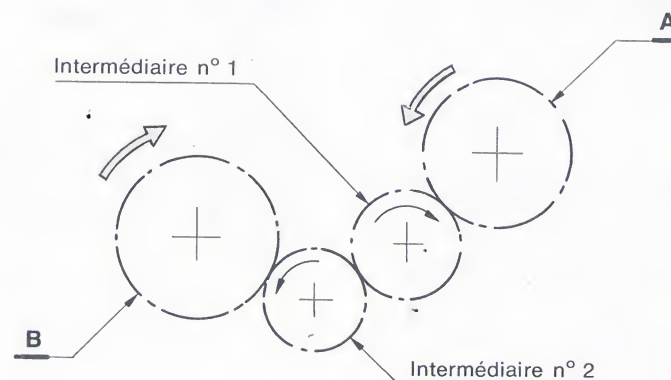
Le sens de rotation varie suivant le type de diviseur utilisé. Il n'est pas

possible de définir à l'avance un montage de roues suivant $N' > N$ ou $N' < N$: on intercale donc, suivant le cas, une ou deux roues intermédiaires qui ne modifient en rien le rapport.

4



5



13.33 CALCUL DU TRAIN D'ENGRENAGES (fig.6)

RECHERCHE DE LA FORMULE GÉNÉRALE
POUR $N' > N$

■ Évolution angulaire de la broche
pour 1 division en N parties égales :

$$\omega_{\text{broche}} = \frac{1}{N}.$$

■ Évolution de la roue A : $\omega_A = \frac{1}{N}$.

■ Évolution de la roue B :

$$\omega_B = \frac{1}{N} \times \frac{Z_A}{Z_B}.$$

■ Évolution du couple conique
($r = 1$) :

$$\omega_C = \frac{1}{N} \times \frac{Z_A}{Z_B}.$$

■ Évolution du plateau à trous
(mouvement différentiel) :

$$\omega_P = \frac{1}{N} \times \frac{Z_A}{Z_B}.$$

■ L'évolution angulaire du plateau
à trous (a_2), pour une division en N
parties, est égale à la différence :

$$\frac{K}{N} - \frac{K}{N'} = \omega_P.$$

■ On a alors l'égalité :

$$\frac{K}{N} - \frac{K}{N'} = \frac{1}{N} \times \frac{Z_A}{Z_B}.$$

■ Réduisons au même dénomina-
teur le 1^{er} terme :

$$\frac{KN' - KN}{NN'} = \frac{K(N' - N)}{NN'}.$$

■ L'égalité devient :

$$\frac{K(N' - N)}{NN'} = \frac{1}{N} \times \frac{Z_A}{Z_B}.$$

■ Effectuons : $\frac{K(N' - N)}{NN'} = \frac{Z_A}{Z_B}$

$$\text{ou } \frac{K(N' - N)}{NN'} \times N = \frac{Z_A}{Z_B}.$$

■ Simplifions par N dans le 1^{er}
terme.

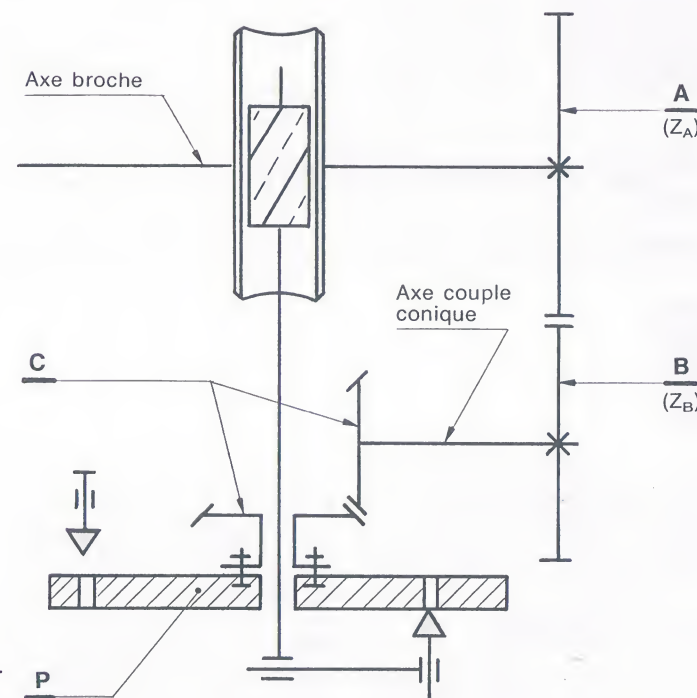
■ Formule générale :

$$\frac{K(N' - N)}{N'} = \frac{Z_A}{Z_B} \text{ pour } N' > N.$$

REMARQUE

■ La formule devient :

$$\frac{K(N - N')}{N'} = \frac{Z_A}{Z_B} \text{ pour } N' < N.$$



13.34 MARCHE À SUIVRE

Choisir	La division approchante N' .
Calculer	La division simple réalisable $\frac{K}{N'}$.
Définir	Le nombre d'intervalles, la rangée de trous à sélectionner. Le n° du plateau à trous à monter.
Établir	L'équipage de roues à monter.
Déterminer	Le sens de rotation du plateau.

13.4 APPLICATIONS NUMÉRIQUES

■ Plateaux à trous disponibles :

N° 1	15	16	17	18	19	20
N° 2	21	23	27	29	31	33
N° 3	37	39	41	43	47	49

■ Roues dentées disponibles :
24 - 24 - 30 - 32 - 36 - 40 - 45 - 50 -
55 - 60 - 65 - 70 - 80 - 100 dents.

13.41 1^{er} PROBLÈME

■ $K = 40$, $N = 53$ (montage à 4 roues) (fig. 7).

Solution

■ $\frac{K}{N} = \frac{40}{53}$ (fraction irréductible).

■ Choix de N' : on choisit $N' = 52$ ($N' < N$).

■ Calcul de la division simple réalisable :

$$\frac{K}{N'} = \frac{40}{52} = \frac{10}{13} = \frac{30}{39}$$

■ Évolution de la manivelle-poin-
teau : 30 intervalles, soit 31 trous,
rangée de 39 trous, plateau n° 3.

■ Calcul de l'équipage de roues.
Appliquons, pour $N' < N$, la
formule :

$$\frac{K(N - N')}{N'} = \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D}$$

$$\frac{40(53 - 52)}{52} = \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D}$$

$$\frac{40}{52} = \frac{5}{4} \times \frac{8}{13} = \frac{45}{36} \times \frac{40}{65} = \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D}$$

Les roues menantes A et C
auront : 45 et 40 dents.
Les roues menées B et D
auront : 36 et 65 dents.

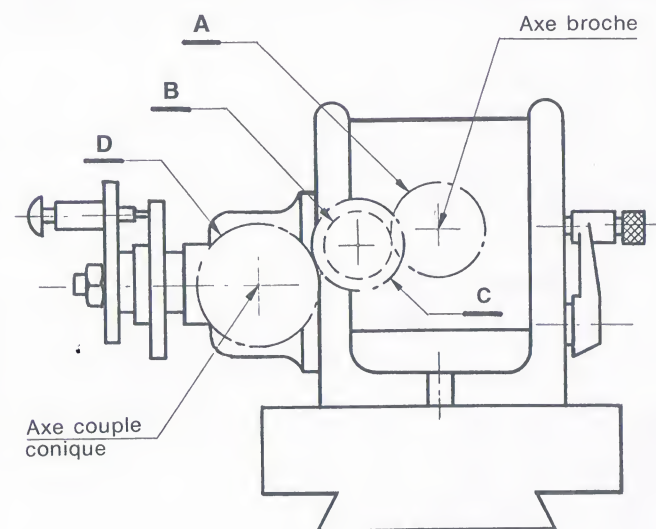
REMARQUES

■ En cas d'impossibilité de mon-

tage, d'autres engrenages sont uti-
lisables.

■ Sens de rotation du plateau.
 $N' < N$ ($52 < 53$) : la manivelle
et le plateau tournent en **sens**
inverse. Cette condition sera obtenue en intercalant, ou non, une
roue intermédiaire entre A et B, ou
C et D suivant le type de diviseur
utilisé.

7



13.42 2^e PROBLÈME

- Soit à tailler une roue à rochets de 97 dents.
- Calculer la division simple réalisable (N').
- Calculer l'équipage de roues à monter (montage à 2 roues).
- Déterminer le sens de rotation du plateau.

Solution

■ $\frac{K}{N} = \frac{40}{97}$ (fraction irréductible).

- Choix de N' : on choisit $N' = 100$ ($N' > N$).

- Calcul de la division simple réalisable :

$$\frac{K}{N'} = \frac{40}{100} = \frac{2}{5} = \frac{6}{15}$$

- Évolution de la manivelle pointeau : 6 intervalles, soit 7 trous, rangée de 15 trous, plateau n° 1.

- Calcul de l'équipage de roues. Appliquons pour $N' > N$ la formule :

$$\frac{K(N' - N)}{N'} = \frac{Z_A}{Z_B}$$

$$\frac{40(100 - 97)}{100} = \frac{Z_A}{Z_B}$$

$$\frac{40 \times 3}{100} = \frac{120}{100} = \frac{6}{5} = \frac{60}{50} \text{ ou } \frac{36}{30} = \frac{Z_A}{Z_B}$$

La roue menante A aura : 60 ou 36 dents.

La roue menée B aura : 50 ou 30 dents.

- Sens de rotation du plateau. $N' > N$ ($100 > 97$) : la manivelle et le plateau tournent dans le **même sens**. Pour obtenir celui-ci, intercaler, entre A et B, 1 ou 2 intermédiaires, suivant le type de diviseur utilisé.

REMARQUES

- La valeur ($N' - N$) ou ($N - N'$) multipliant K doit être **très petite**.

- Ainsi équipé, le diviseur ne permet plus le taillage hélicoïdal.

TABLE DES DIVISIONS DIFFÉRENTIELLES

Division à effectuer N	Division choisie N'	Sens de rotation du plateau par rapport à la manivelle	Engrenages			
			A	B	C	D
51	50	Sens inverse	24	30		
53	52	Sens inverse	24	24	50	65
57	60	Même sens	60	30		
59	60	Même sens	40	60		
61	60	Sens inverse	40	60		
63	60	Sens inverse	60	30		
67	70	Même sens	80	40	60	70
69	70	Même sens	40	70		
71	70	Sens inverse	40	70		
73	72	Sens inverse	50	45	30	60
77	75	Sens inverse	30	45	80	50
79	80	Même sens	40	80		
81	80	Sens inverse	40	80		
83	80	Sens inverse	60	40		
87	90	Même sens	80	60		
89	90	Même sens	40	60	30	45
91	90	Sens inverse	40	60	30	45
93	90	Sens inverse	80	60		
97	100	Même sens	60	50		
99	100	Même sens	40	100		
101	100	Sens inverse	40	100		
102	100	Sens inverse	80	100		
103	100	Sens inverse	60	50		
106	108	Même sens	30	45	40	36
107	110	Même sens	60	55		
109	110	Même sens	40	55	50	100
111	110	Sens inverse	40	55	50	100
113	110	Sens inverse	60	55		
119	120	Même sens	50	100	30	45
121	120	Sens inverse	50	100	30	45
123	120	Sens inverse	24	24		
129	128	Sens inverse	30	60	50	80
131	128	Sens inverse	30	32		

14.1 DOMAINE D'UTILISATION

Le plateau circulaire permet d'obtenir :

- Des surfaces de révolution cylindrique et conique, en fraisage de profil, généralement inférieures à 360°.
- Des positions angulaires pour des opérations de perçage et d'alésage.
- Des polygones réguliers ou irréguliers.

14.2 DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT (fig. 1)

L'appareil est constitué :

- D'un plateau porte-pièce **2** comportant des rainures à té et un alésage rectifié **8**, cylindrique ou conique, permettant le centrage de l'appareil.
- Le plateau, dont la base est graduée en 360°, est solidaire d'une roue creuse **3** de **90** ou **120 dents**. Il est animé par une vis sans fin débrayable, à un filet **4**.
- Sur l'axe de la vis, peuvent être

montés un tambour gradué **5** ou un plateau à trous **6**.

- La rotation du plateau peut être obtenue, soit manuellement par une manivelle, soit automatiquement par une entrée secondaire **11**.

14.3 MÉTHODES DE DIVISION

14.3.1 AVEC TAMBOUR GRADUÉ

1^{er} CAS

Vis à un filet, roue creuse de 90 dents.

Valeur d'un tour de manivelle :

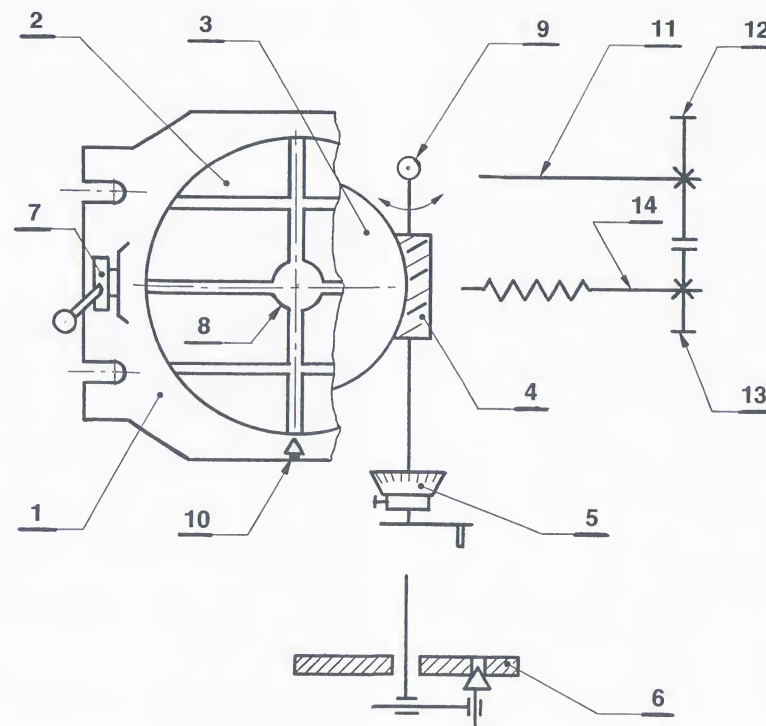
$$\frac{360^\circ}{90} = \frac{36^\circ}{9} = 4^\circ \text{ ou } 240'$$

Le tambour peut comporter : 240 - 120 - 80 ou 48 graduations.

Valeur d'une graduation suivant le cas :

$$\begin{aligned} \frac{240'}{240} &= 1'; & \frac{240'}{120} &= 2'; \\ \frac{240'}{80} &= 3'; & \frac{240'}{48} &= 5'. \end{aligned}$$

1



NOMENCLATURE

1	Semelle	8	Alésage de centrage
2	Plateau	9	Débrayage de la vis sans fin
3	Roue creuse	10	Index
4	Vis sans fin	11	Arbre de commande
5	Tambour gradué	12	Roue menée
6	Plateau à trous	13	Roue menante
7	Levier de blocage	14	Vis de la table

2^e CAS

Vis à un filet, roue creuse de 120 dents.

- Valeur d'un tour de manivelle : $\frac{360^\circ}{120} = \frac{36^\circ}{12} = 3^\circ$ ou $180'$.

Le tambour peut comporter : 180 - 90 - 60 ou 36 graduations.

Valeur d'une graduation suivant le cas :

$$\frac{180'}{180} = 1'; \quad \frac{180'}{90} = 2';$$

$$\frac{180'}{60} = 3'; \quad \frac{180'}{36} = 5'.$$

Application

- Soit à exécuter une évolution angulaire de $51^\circ 27'$. Roue de 120 dents, tambour gradué en 60 divisions.

- Transformons $51^\circ 27'$ en minutes : $51^\circ 27' = 3087'$.

- Nombre de tours de manivelle : $\frac{3087'}{180'} = 17 \text{ tr } \frac{27}{180}$.

- La fraction $\frac{27}{180}$ devient $\frac{9}{60}$.

- Il faudra tourner la manivelle de **17 tours** et ajouter **9 divisions** au tambour gradué.

Formule générale

$$\frac{K \times \alpha^\circ}{360^\circ}$$

K = nombre de dents de la roue.
 α = évolution à réaliser en degrés.

14.32 AVEC PLATEAU À TROUS

Vis à un filet, roue creuse de 120 dents. Rapport K = 120.

Plateau à 9 rangées de trous : 49 - 43 - 39 - 35 - 31 - 27 - 21 - 19 - 16 trous.

Applications

- Soit à exécuter une évolution angulaire de $62^\circ 20'$.

- Transformons $62^\circ 20'$ en minutes : $62^\circ 20' = 3740'$.

- Appliquons la formule : $\frac{K \times \alpha^\circ}{360^\circ} = \frac{K \times \alpha'}{21600'}$.
$$\frac{120 \times 3740'}{21600'} = \frac{374'}{18'}$$

$$= 20 \text{ tr } \frac{14}{18} = 20 \text{ tr } \frac{7}{9} = 20 \text{ tr } \frac{21}{27}.$$

- Effectuer à la manivelle **20 tours**, plus **21 intervalles**, soit **22 trous**, rangée de **27 trous**.

- Soit à exécuter 76 divisions sur un secteur gradué.

- Appliquons la formule :

$$\frac{K}{N} = \frac{120}{76} = \frac{60}{38} = \frac{30}{19} = 1 \text{ tr } \frac{11}{19}.$$

- Effectuer à la manivelle **1 tour**, plus **11 intervalles**, rangée de **19 trous**.

la table de la machine, monter la console de la fraiseuse pour amener la pointe dans l'alésage du plateau. Le contact obtenu (légère pression), bloquer les écrous de fixation de l'appareil et mettre les repères C.L. et C.T. à zéro. Méthode rapide, mais peu précise (© 0,10) convient très bien pour approcher les réglages plus précis décrits ci-dessous.

14.4 CONDITIONS D'UTILISATION

14.41 CENTRAGE DU PLATEAU

Il faut situer l'axe de la broche dans l'axe de l'alésage du plateau.

14.411 POINTE MONTÉE

DANS LA BROCHE (fig. 2)

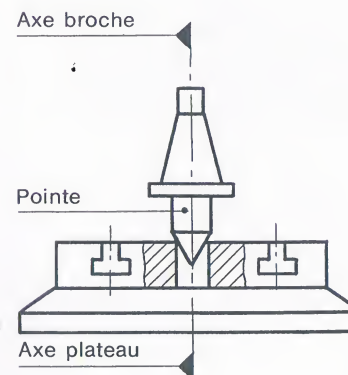
Le plateau circulaire étant posé sur

14.412 COMPAREUR FIXÉ

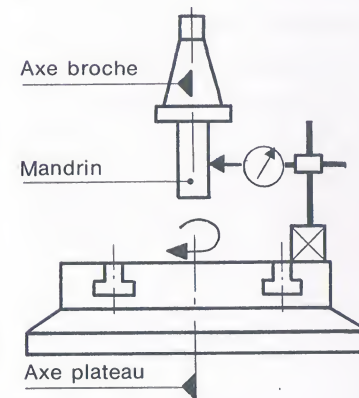
SUR LE PLATEAU (fig. 3)

Monter un mandrin lisse dans la broche de la fraiseuse, le plateau circulaire étant fixé sur la table. Débrayer le système roue et vis sans fin, pour obtenir une rotation manuelle rapide du plateau. Opérer ensuite comme pour la méthode décrite au paragraphe 14.413.

2



3



14.413 COMPAREUR MONTÉ DANS LA BROCHE

Le plateau circulaire étant fixé sur la table, faire tourner manuellement le comparateur (broche débrayée) autour d'un simbleau ajusté dans l'alésage du plateau (fig. 4) ou directement dans l'alésage (fig. 5); méthode précise ($\odot 0,02$). Le centrage est obtenu par déplacement des chariots. Le réglage est terminé lorsque l'aiguille du comparateur reste immobile pour une rotation de 360° de la broche. Mettre le repère à zéro au C.T. et au C.L.

14.42 CENTRAGE DE LA PIÈCE

Il faut situer la pièce sur le plateau. La méthode de centrage utilisée est fonction des S.R. de la pièce (alésage, faces perpendiculaires) et de la précision des surfaces à obtenir (centrage, d'après un tracé).

14.421 PIÈCE COMPORTANT UN ALÉSAGE CONCENTRIQUE À LA SURFACE À USINER (fig. 6)

Il faut utiliser un simbleau, ajusté dans l'alésage du plateau et dans l'alésage de la pièce.

14.422 LE CENTRE DU DÉTOURAGE EST MATÉRIALISÉ PAR UN TRACÉ

1^{er} CAS

Pointe montée dans la broche (fig. 7)
Situier le centre du détournage dans l'axe de la broche. Contrôle visuel. Peu précis.

2^e CAS

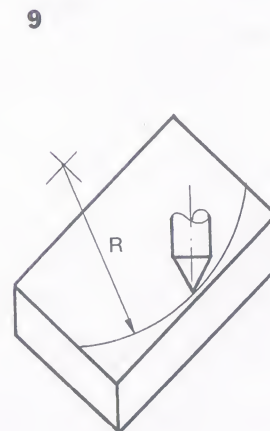
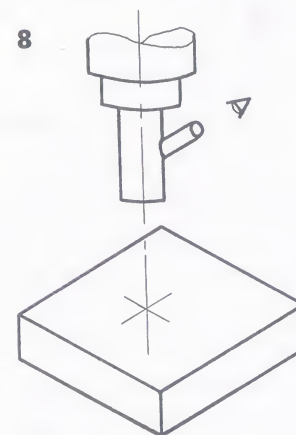
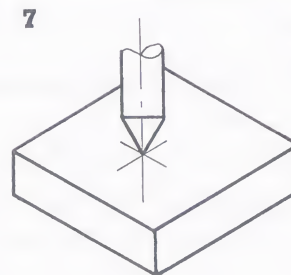
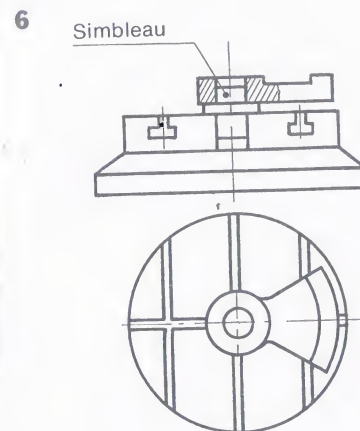
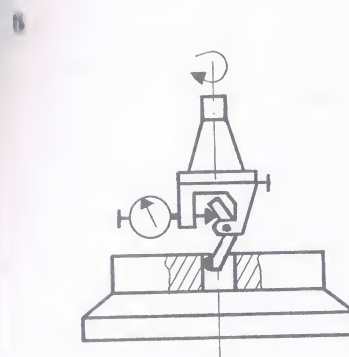
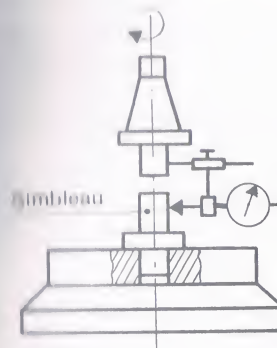
Pour un réglage plus précis, utiliser un microscope de centrage (fig. 8).

14.423 LE CENTRE DU DÉTOURAGE EST EXTÉRIEUR À LA PIÈCE

1^{er} CAS

Réglage d'après tracé

Déplacer l'un des chariots d'une distance R (rayon à exécuter). Faire coïncider le tracé avec la trajectoire décrite par la pointe lors de la rotation manuelle rapide du plateau. Ce réglage, obtenu par déplacement de la pièce sur le plateau, est long et peu précis, en raison des nombreuses corrections à apporter lors de la mise en position de la pièce (fig. 9).



2^e CAS

Réglage d'après deux S.R. perpendiculaires (fig. 10)

Monter un simbleau dans l'alésage du plateau. Brider une règle rectifiée et interposer une cale-étalon afin d'obtenir la première coordonnée (fig. 11). Intercaler une cale-étalon entre la pige et la pièce pour obtenir la deuxième coordonnée (fig. 11)

14.424 LE DÉTOURAGE EST CONCENTRIQUE AU DIAMÈTRE EXTÉRIEUR DE LA PIÈCE

Le diamètre extérieur de la pièce est supérieur au diamètre du plateau (fig. 12). Monter un comparateur sur la table de la machine. Débrayer le système roue et vis sans fin et faire tourner le plateau manuellement. Le centrage est obtenu par déplacement de la pièce. Le réglage est terminé lorsque l'aiguille du comparateur reste immobile. Réglage précis mais long (fig. 13).

14.5 PRÉCAUTIONS À PRENDRE POUR LE DÉTOURAGE

- Surélever la pièce avec des cales

afin de ne pas marquer le plateau avec l'outil.

- Immobiliser le C.T. et le C.L. pendant l'usinage.

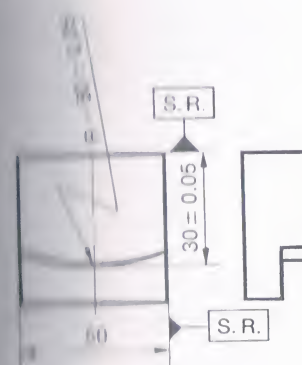
- Supprimer le jeu possible du système roue et vis sans fin. (Bien embrayer.)

- Le mouvement d'avance de la pièce (mouvement de rotation du plateau) **Mr doit être opposé au Mc**.

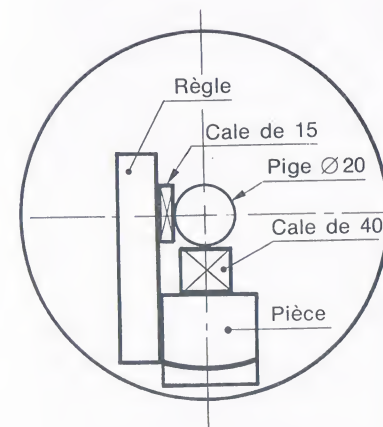
- Lors du centrage du plateau, adopter toujours **le même sens pour la mise à zéro des tambours C.T. et C.L.** (par exemple, sens horloge).

- Un **ablocage défectueux** entraîne, par déformation du plateau, un blocage de la rotation de celui-ci. Il faut donc prendre des précautions particulières : choix judicieux des brides (dimensions et formes) ; leur position si possible symétrique doit permettre de répartir les efforts de serrage. Dans certains cas, pour ne pas marquer la pièce, on peut interposer entre celle-ci et la bride une protection en alliage léger.

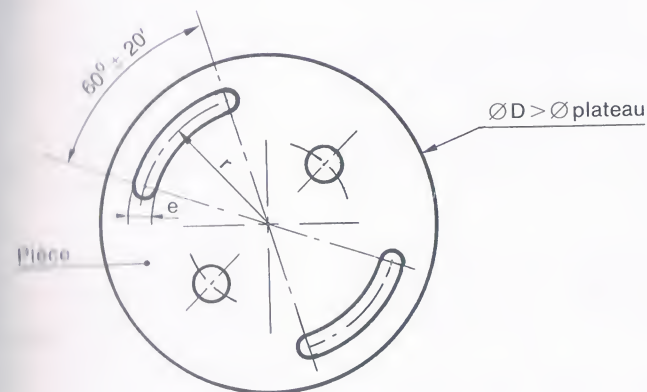
10



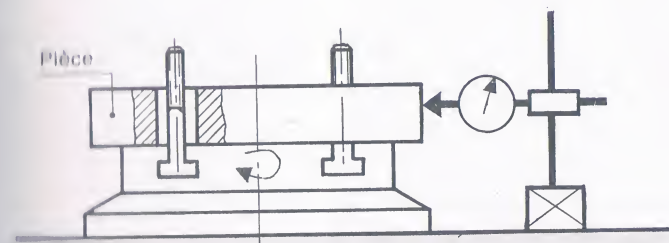
11



12



13



14.6 APPLICATIONS PRATIQUES

Soit à fraiser la rainure de profondeur 6 mm (fig. 14), sur un plateau circulaire, vis à un filet, roue creuse de 120 dents.

Plateau à trous disponible (voir § 14.32).

■ Monter le circulaire sur la table de la machine.

■ Centrer le plateau, avec un simpleau Ø 18g7 (fig. 4).

■ Mettre le repère zéro au C.T. et C.L.

■ Centrer la pièce sur le plateau, simpleau dans l'alésage Ø 18H8 (fig. 6).

■ Brider correctement la pièce, modérément pour ne pas déformer le plateau.

■ Monter une fraise 2 dents Ø 10.

■ Déplacer le C.T. de 30 mm.

■ Immobiliser le C.T. et le plateau circulaire.

■ Exécuter, avec le C.L., l'usinage de 1 (fig. 15), par passes successives de 0,5 mm de profondeur.

■ Revenir au repère zéro du C.L.

■ Immobiliser le C.L.

■ Calculer l'évolution à faire avec la manivelle pour fraiser la partie concentrique à l'alésage 2.

$$\frac{K \times \alpha}{360} = \frac{120 \times 68}{360} = \frac{68}{3} = 22 \text{ tr } \frac{2}{3}$$

soit : $22 \text{ tr } \frac{26}{39}$

■ Débloquer le circulaire.

■ Prendre des passes de 0,5 mm au C.V., évoluer de $22 \text{ tr } \frac{26}{39}$ dans un

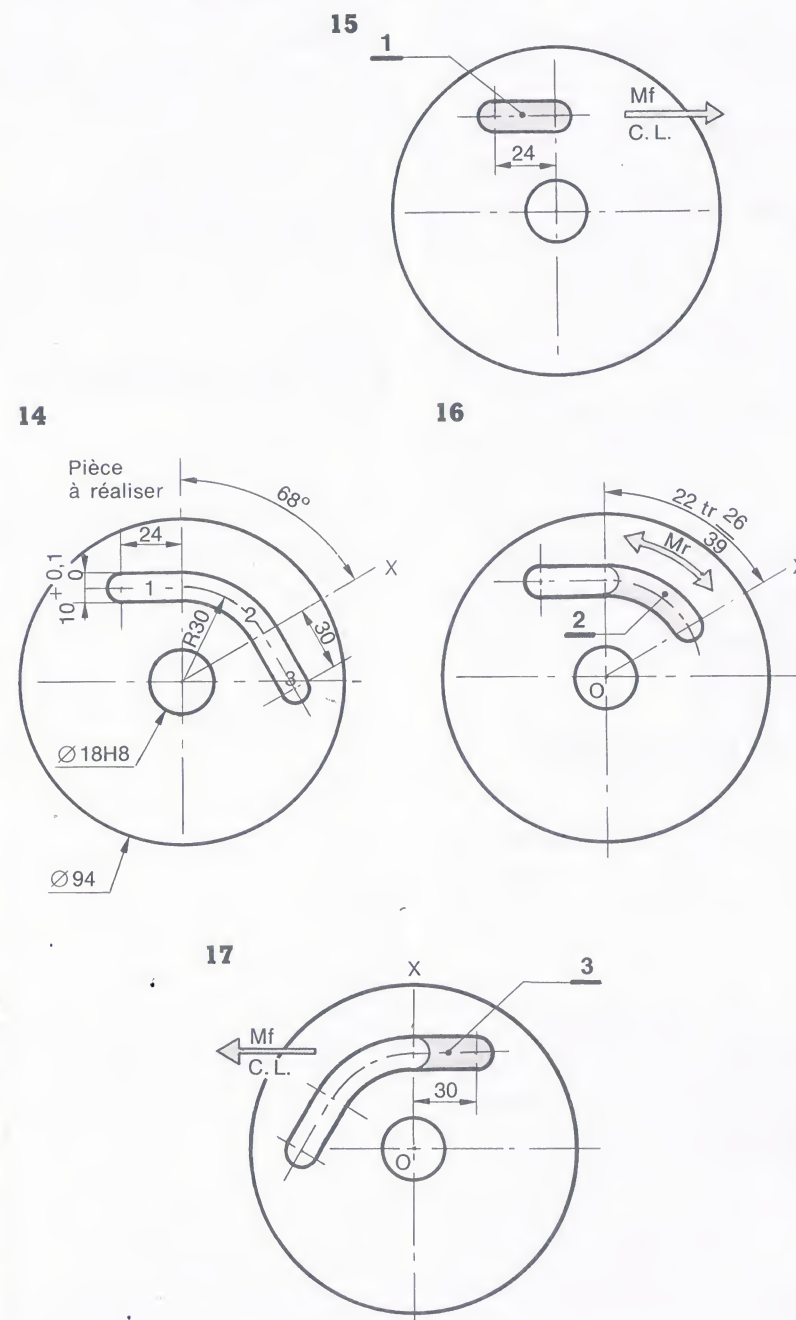
sens puis de la même valeur en sens inverse, jusqu'à la profondeur de 6 mm (fig. 16).

■ Situer l'axe OX dans le sens du C.T.

■ Immobiliser le C.T. et le plateau circulaire.

■ Débloquer le C.L.

■ Exécuter, avec le C.L., l'usinage de 3 (fig. 17), par passes successives de 0,5 mm de profondeur.



15.1 DÉFINITIONS

15.11 HÉLICE

Courbe tracée sur un cylindre de révolution par un point **a** animé de deux mouvements simultanés de vitesses proportionnelles :

■ **rotation** autour de l'axe du cylindre **XY** ;

■ **translation** parallèle à cet axe (ex. : la trace laissée par la fraise sur le cylindre est une hélice) (fig. 1).

15.12 PAS DE L'HÉLICE Ph

Distance entre deux passages consécutifs de la courbe à la même génératrice (fig. 1).

15.13 DÉVELOPPEMENT DE L'HÉLICE

Le développement du pas de l'hélice est la diagonale d'un rectangle de base πD et de hauteur égale au pas (fig. 1).

15.14 ANGLE D'HÉLICE

Angle aigu β compris entre la tangente à l'hélice et la génératrice du cylindre (ou l'axe **XY**) (fig. 1).

$$\text{Cotan } \beta = \frac{Ph}{\pi D}$$

REMARQUE

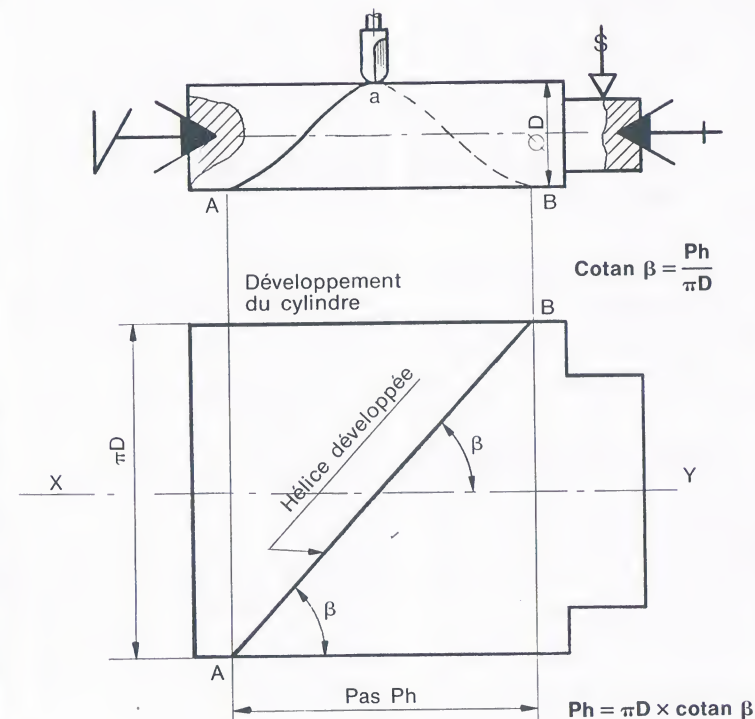
■ L'inclinaison de l'hélice est le complément de l'angle β ($90^\circ - \beta$).

15.15 SENS DE L'HÉLICE

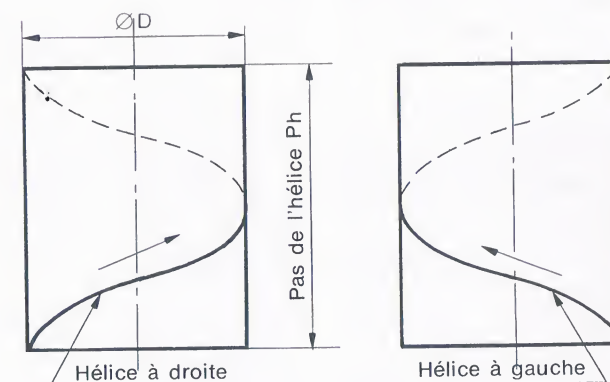
■ L'hélice est à **droite** lorsque la partie vue de la courbe monte vers la droite, l'axe du cylindre étant vertical.

■ L'hélice est à **gauche** dans le cas contraire (fig. 2).

1



2



15.2 GÉNÉRATION DE L'HÉLICE

Réaliser une liaison cinématique par un train d'engrenages **A**, **B**, **C**, **D** entre la vis de la table et l'arbre du couple conique.

Le mouvement de translation est donné par la table.

Le mouvement de rotation est donné par le diviseur.

15.21 CHAÎNE CINÉMATIQUE

Le mouvement de translation longitudinale de la table est obtenu lorsque la vis tourne ; sur l'extrémité de celle-ci un engrenage **D** commande les roues **C**, **B**, **A**. La roue **A**, fixée sur l'arbre du couple conique, entraîne le plateau à trous déverrouillé ; la manivelle, rendue solidaire du plateau par le pointeau engagé dans un trou, actionne la vis et la roue creuse, donc la broche (fig. 3).

15.22 RAPPORT DES DEUX MOUVEMENTS (fig. 4)

15.221 PROBLÈME

■ Pas de l'hélice à réaliser :
 $Ph = 150 \text{ mm}$.

■ Pas de la vis de la table :
 $P_v = 5 \text{ mm}$.
Rapport du diviseur :
 $K = 40$.

15.222 MÉTHODE

■ Lorsque la roue **B** fait un tour, la table se déplace de **5 mm**. Pour obtenir une translation $Ph = 150 \text{ mm}$, la vis de la table devra tourner de $\frac{150}{5} = 30$ tours. D'où :

$$\omega_B = 30 = \frac{Ph}{P_v} \quad (1)$$

■ À une translation $Ph = 150 \text{ mm}$ doit correspondre une rotation de **1** tour de la pièce. Un tour de la broche du diviseur implique des rotations simultanées de :

■ **1** tour de la roue creuse, **40** tours de la vis sans fin ($K = 40$).

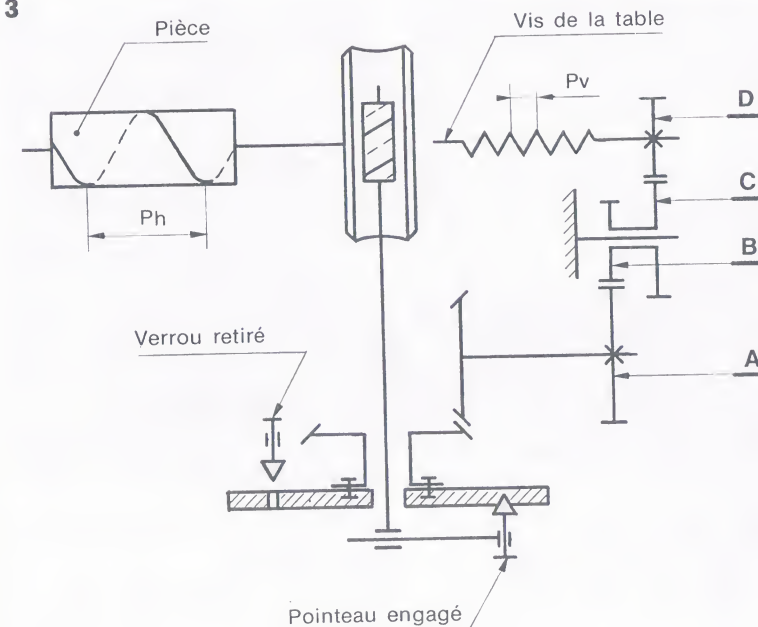
■ **40** tours du plateau à trous.

■ **40** tours du couple conique ($r = \frac{1}{1}$),

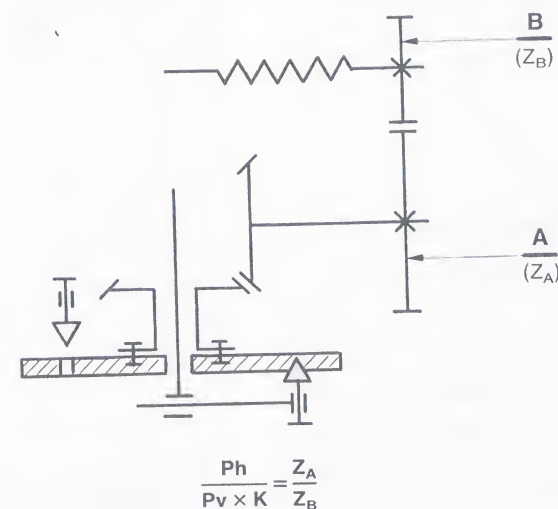
donc **40** tours de la roue **A**. D'où :

$$\omega_A = 40 = K \quad (2)$$

3



4



■ En utilisant les relations (1) et (2), le rapport des vitesses des roues **A** et **B** devient :

$$\frac{\omega_B}{\omega_A} = \frac{Z_A}{Z_B} = \frac{30}{40} = \frac{P_h}{P_v} = \frac{P_h}{P_v} \times \frac{1}{K},$$

d'où (fig. 4) :

$$\frac{P_h}{P_v \times K} = \frac{Z_A}{Z_B}.$$

Pour un montage à 4 roues, la formule devient (fig. 5) :

$$\frac{P_h}{P_v \times K} = \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D}.$$

REMARQUE

■ En pratique, le montage à 2 roues n'est pas possible en raison de l'intervalle fixe existant entre la vis et l'arbre du couple conique. Il faut donc monter **une roue intermédiaire** entre la roue menante **A** et la roue menée **B**.

15.23 VÉRIFICATION DU SENS DE L'HÉLICE

Avant de procéder à l'opération de fraisage hélicoïdal, il faut vérifier que l'hélice se développe bien suivant le sens désiré. Dans le cas contraire, intercaler une roue sup-

plémentaire d'un nombre de dents quelconque entre les roues **A** et **B** ou entre les roues **C** et **D**. Cette roue n'affectera pas le rapport calculé, mais inversera le sens de rotation de la pièce, donc celui de l'hélice.

15.3 APPLICATION NUMÉRIQUE

15.31 PROBLÈME

■ Soit à réaliser une hélice au pas $P_h = 320 \text{ mm}$.

Rapport du diviseur : $K = 40$. Pas de la vis de la table : $P_v = 5 \text{ mm}$.
Roues disponibles : 24 - 24 - 30 - 32 - 36 - 40 - 45 - 50 - 55 - 58 - 60 - 65 - 70 - 80 - 82 - 100.

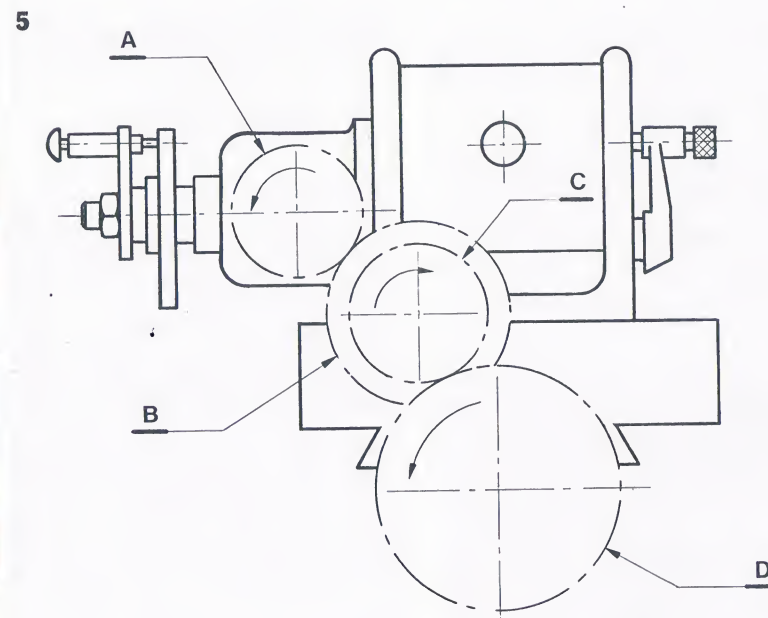
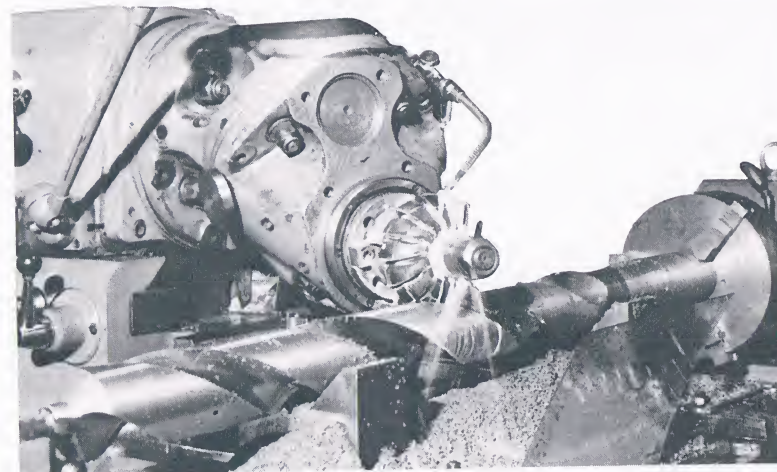
■ Calculer les roues à monter pour réaliser le pas P_h .

Solution

$$\frac{P_h}{P_v \times K} = \frac{320}{5 \times 40} = \frac{320}{200} = \frac{8}{5}.$$

Le montage à 4 roues serait le suivant :

$$\frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D} = \frac{8}{5} = \frac{4}{5} \times \frac{2}{1} = \frac{24}{30} \times \frac{80}{40}.$$



15.32 VÉRIFICATION DU PAS DE L'HÉLICE

15.321 PAR LE CALCUL

$$\frac{Ph}{P_v \times K} = \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D} \text{ d'où l'on tire :}$$

$$Ph = \frac{P_v \times K \times Z_A \times Z_C}{Z_B \times Z_D}$$

$$Ph = \frac{5 \times 40 \times 24 \times 80}{30 \times 40} = 320 \text{ mm.}$$

15.322 EN PRATIQUE

Il est nécessaire, avant exécution, de s'assurer de l'exactitude du pas obtenu. On procède de la manière suivante :

■ Tracer un repère **A** sur le porte-pièce du diviseur, en regard d'un repère **B** sur le corps.

■ Déplacer le chariot longitudinal d'une distance correspondant au pas **Ph**.

■ Vérifier que le repère **A** revienne en face du repère **B**.

15.4 MÉTHODE DES RÉDUITES

15.41 PROBLÈME

Calculer les roues à monter pour

réaliser une hélice au pas
Ph = 377 mm.

■ Rapport du diviseur : **K = 40.**

Pas de la vis de la table :

Pv = 5 mm.

■ Roues dentées disponibles : voir § 15.31.

Solution

$$\frac{Ph}{P_v \times K} = \frac{377}{5 \times 40} = \frac{377}{200}$$

fraction irréductible.

Il faut trouver d'autres fractions qui soient les plus rapprochées de la fraction d'origine $\frac{377}{200}$.

15.42 MÉCANISME SIMPLIFIÉ DU CALCUL DES RÉDUITES

15.421 RECHERCHE DES QUOTIENTS

On divise le plus grand terme 377 par le plus petit 200, puis celui-ci par le premier reste 177, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'on obtienne 0 pour reste.

			1 ^{er} reste de $\frac{377}{200}$	2 ^e reste de $\frac{200}{177}$	3 ^e reste de $\frac{177}{23}$	4 ^e reste de $\frac{23}{16}$	5 ^e reste de $\frac{16}{7}$	6 ^e reste de $\frac{7}{2}$	7 ^e reste de $\frac{2}{1}$
	377	200	177	23	16	7	2	1	0
Quotients obtenus	(1)	(1)	(7)	(1)	(2)	(3)	(2)		
Recherche des quotients	$\frac{377}{200}$	$\frac{200}{177}$	$\frac{177}{23}$	$\frac{23}{16}$	$\frac{16}{7}$	$\frac{7}{2}$	$\frac{2}{1}$		

■ Recherche du 1^{er} quotient :

$$\frac{377}{200} = 1; \text{ reste } 177.$$

■ Recherche du 2^e quotient :

$$\frac{200}{177} = 1; \text{ reste } 23, \text{ etc.}$$

15.422 RECHERCHE DES RÉDUITES

	(1)	(1)	(7)	(1)	(2)	(3)	(2)	
	1	1	2	15	17	49	164	377
	1	1	1	8	9	26	87	200
1 ^{re} réduite	1	1	2	15	17	49	164	377
2 ^e réduite	1	1	1	8	9	26	87	200
3 ^e réduite	1	1	1	8	9	26	87	200
4 ^e réduite	1	1	1	8	9	26	87	200
5 ^e réduite	1	1	1	8	9	26	87	200
6 ^e réduite	1	1	1	8	9	26	87	200
Fraction d'origine	1	1	2	15	17	49	164	377

■ Le fait de retomber sur la fraction d'origine est la preuve que les opérations effectuées sont justes.

■ Calcul de la 1^{re} réduite.

$$1 \times 1 + 0 = 1$$

$$1 \times 0 + 1 = 1$$

Quotients	(1)
0	1
1	1

■ Calcul de la 2^e réduite.

Il faut éliminer dans le calcul la

réduite de 1^{er} rang $\frac{0}{1}$.

$$1 \times 1 + 1 = 2$$

$$1 \times 1 + 0 = 1$$

Quotients	1	(1)
0	1	1
1	1	1

■ Calcul de la 3^e réduite.

Il faut éliminer dans le calcul

la réduite de 2^e rang $\frac{1}{0}$.

$$7 \times 2 + 1 = 15$$

$$7 \times 1 + 1 = 8$$

Quotients	1	1	7	
$\frac{0}{1}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{15}{8}$

■ Calcul de la 4^e réduite.

Il faut éliminer dans le calcul

la 1^{re} réduite $\frac{1}{1}$.

15.43 CALCUL DES ROUES À MONTER

Prenons la 6^e réduite : $\frac{164}{87}$.

$$\frac{Ph}{P_v \times K} = \frac{164}{87} = \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D}$$

$$\text{ou } \frac{41}{29} \times \frac{4}{3} = \frac{82}{58} \times \frac{40}{30} = \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D}$$

■ Pas obtenu

$$\frac{Ph}{P_v \times K} = \frac{164}{87}$$

277	200	77	46	31	15	1	0	Restes
1	2	1	1	2	15			Quotients
$\frac{0}{1}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{7}{5}$	$\frac{18}{13}$	$\frac{277}{200}$	Réduites
		1 ^{re} réduite	2 ^e réduite	3 ^e réduite	4 ^e réduite	5 ^e réduite	Fraction d'origine	

$$\begin{aligned} \text{d'où } Ph &= \frac{P_v \times K \times 164}{87} \\ &= \frac{5 \times 40 \times 164}{87} = 377,01 \text{ mm} \end{aligned}$$

■ Erreur réalisée

$377,01 - 377 = 0,01 \text{ mm}$. Erreur négligeable.

15.5 APPLICATION

15.51 PROBLÈME

Soit à réaliser une hélice au pas $Ph = 277 \text{ mm}$, sur une fraiseuse dont le pas de la vis de la table $P_v = 5 \text{ mm}$. Rapport du diviseur $K = 40$. Calculer les roues à monter. Roues disponibles : voir § 15.31.

Solution

$$\begin{aligned} \frac{Ph}{P_v \times K} &= \frac{277}{5 \times 40} = \frac{277}{200} \\ &= \text{fraction irréductible.} \end{aligned}$$

15.52 CALCUL DES RÉDUITES

15.53 CALCUL DES ROUES

À MONTER

Avec la 4^e réduite $\frac{7}{5}$

$$\frac{Z_A}{Z_B} = \frac{7}{5} = \frac{1}{1} \times \frac{7}{5}$$

$$\frac{Z_A}{Z_B} = \frac{70}{50} = \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D}$$

■ Pas obtenu

$$\begin{aligned} Ph &= P_v \times K \times \frac{7}{5} = 5 \times 40 \times \frac{7}{5} \\ &= 280 \text{ mm.} \end{aligned}$$

■ Erreur réalisée

$280 - 277 = 3 \text{ mm}$ (erreur acceptable).

Avec la 5^e réduite $\frac{18}{13}$

$$\frac{Z_A}{Z_B} = \frac{18}{13} = \frac{9}{13} \times \frac{2}{1}$$

$$\frac{Z_A}{Z_B} = \frac{46}{65} = \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D}$$

■ Pas obtenu

$$\begin{aligned} Ph &= P_v \times K \times \frac{18}{13} \\ &= 5 \times 40 \times \frac{18}{13} = 276,92 \text{ mm.} \end{aligned}$$

■ Erreur réalisée

$277 - 276,92 = 0,08 \text{ mm}$ (erreur acceptable).

Malgré ce qui est possible (roues disponibles) la réduite la plus proche de la fraction d'origine.

REMARQUE

■ Si $\frac{Ph}{P_v \times K} < 1$, les réduites de 1^{er} et 2^e rang deviennent $\frac{1}{0}$ et $\frac{0}{1}$.

15.6 LIMITE DES PAS RÉALISABLES

Pour un montage à 4 roues :

$$\frac{Ph}{P_v \times K} = \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D}$$

$$\text{d'où } Ph = P_v \times K \times \frac{Z_A \times Z_C}{Z_B \times Z_D}$$

■ Pour le plus petit pas réalisable prendre les deux plus petites roues disponibles (Z_A et Z_C) pour numérateur et les deux plus grandes roues disponibles (Z_B et Z_D) pour dénominateur.

Exemple

$$Ph = P_v \times K \times \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D}$$

$$Ph = 5 \times 40 \times \frac{24}{82} \times \frac{24}{100}$$

$$= \frac{115200}{8200} = \frac{1152}{82} = 14,05 \text{ mm.}$$

Pour le plus grand pas réalisable, utiliser le rapport inverse.

$$Ph = 5 \times 40 \times \frac{82}{24} \times \frac{100}{24}$$

$$= \frac{1640000}{576} = 2847,22 \text{ mm.}$$

15.7 RÉALISATION DES PAS COURTS

15.7.1 PRINCIPE

Lorsque le pas Ph est inférieur au plus petit pas possible avec la série de roues existantes, on réalise un dispositif de commande directe de la broche du diviseur avec la vis de la table de la fraiseuse (fig. 6).

MÉTHODE

- **Désaccoupler** la vis sans fin de la roue creuse.
- **Visser** la rallonge à l'arrière du diviseur.
- **Calculer** les roues à monter.

15.7.2 RAPPORT DES DEUX MOUVEMENTS

Le rapport du diviseur n'intervient plus, la relation $\frac{Ph}{Pv \times K}$ devient :

$$\frac{Ph}{Pv} = \frac{Z_A}{Z_B}$$

Exemple

$Pv = 5 \text{ mm}$, $Ph = 5,5 \text{ mm}$ (pas non réalisable, la limite inférieure étant $Ph = 14,4 \text{ mm}$).

$$\frac{Ph}{Pv} = \frac{Z_A}{Z_B} = \frac{5,5}{5} = \frac{55}{50} = \frac{Z_A}{Z_B}$$

REMARQUE

■ La vis sans fin étant débrayée, ce procédé n'est valable que si le problème de la division ne se pose pas.

15.8 VIS DE TABLE À PAS WHITWORTH

Les fraiseuses en provenance de Grande-Bretagne et des États-Unis sont équipées de vis dont les pas sont exprimés en fraction de pouce.

Exemple

Calculer les roues à monter pour réaliser un pas $Ph = 320 \text{ mm}$, sur une fraiseuse avec un pas de vis

$$Pv = \frac{1}{4} \text{ pouce et un diviseur } K = 40.$$

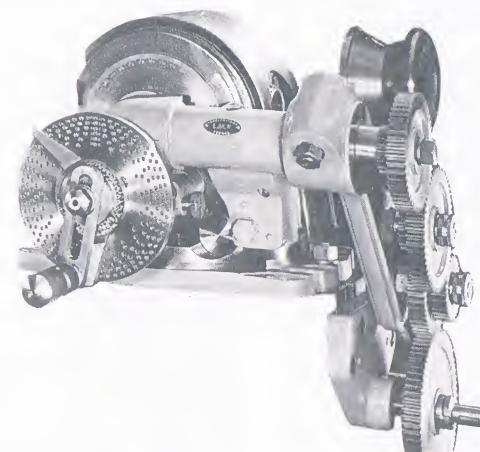
■ **Rappel : 1 pouce = 25,4 mm.**

$$\frac{Ph}{Pv \times K} = \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D} =$$

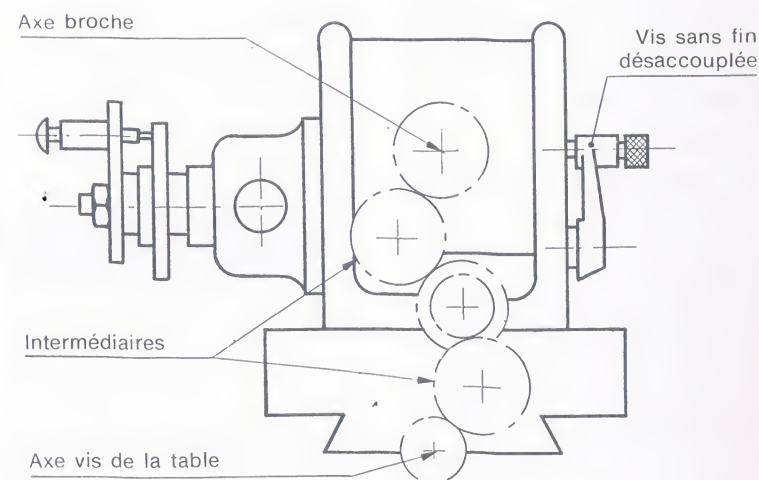
$$\frac{320}{\frac{25,4}{4} \times 40} = \frac{320}{254} =$$

$$\frac{4 \times 80}{2 \times 127} = \frac{60}{30} \times \frac{80}{127}$$

Le nombre 25,4 conduit à utiliser la roue de 127 dents. Lorsque cette dernière fait défaut, on remplace la valeur du pouce par une valeur approchée : $\frac{1600}{63}$, $\frac{330}{13}$, ou $\frac{280}{11}$.



6



Cl. Bérard, Nice.

TAILLER DES ENGRENAGES CYLINDRIQUES DROITS

16.1 PROBLÈME TECHNIQUE

Soit à tailler, sur une fraiseuse, un engrenage cylindrique droit de $Z = 40$ dents, au module $m = 2$, en vue d'un travail de réparation (fig. 1). On dispose d'un diviseur de rapport $K = 60$ et de trois plateaux à trous (voir § 11.7).

16.2 DÉFINITIONS DES ENGRENAGES (fig. 2)

■ Diamètre primitif d

C'est le diamètre des roues de friction qui donnerait sans glissement le même rapport des vitesses que l'engrenage considéré.

■ Nombre de dents Z

Il est calculé d'après le rapport des vitesses à obtenir.

■ Module m

Il permet de calculer tous les éléments caractéristiques de l'engrenage.

■ Profil de la dent

Profil en développante de cercle : c'est la courbe décrite par un point

A de la ligne d'action qui roule sans glisser sur la circonférence de base (fig. 3).

■ Angle de pression α

C'est l'angle formé par la tangente au cercle primitif avec la ligne d'action.

■ Diamètre de tête d_a

C'est le diamètre contenant les sommets des dents.

■ Diamètre de pied d_f

C'est le diamètre tangent au fond des dents.

■ Hauteur de la dent h

C'est la distance radiale entre le diamètre de tête et le diamètre de pied ; elle comprend la saillie h_a et le creux h_f .

■ Pas p

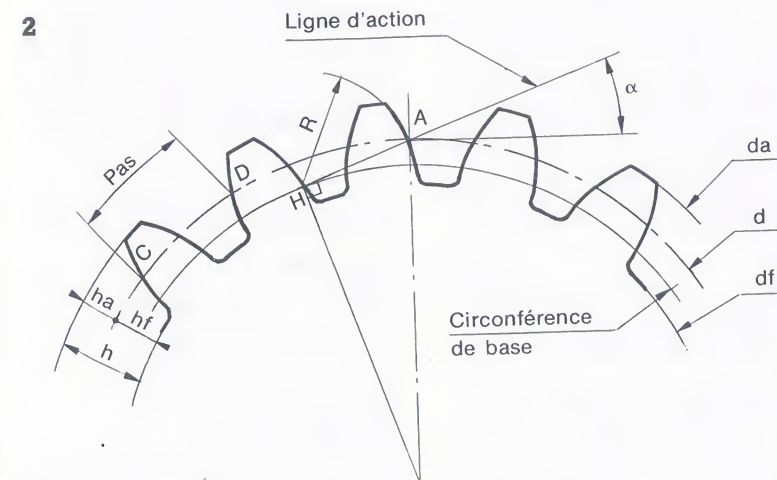
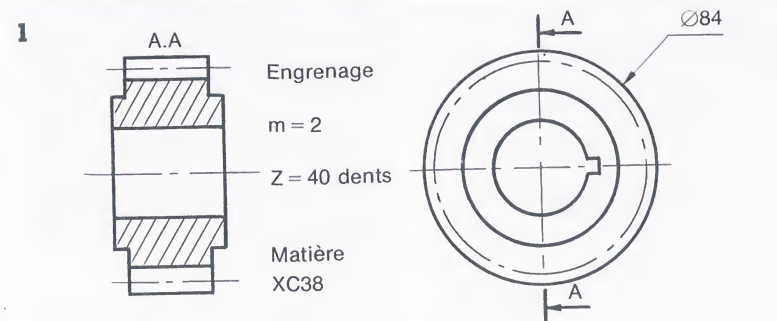
C'est la longueur de l'arc \widehat{CD} mesurée sur le cercle primitif.

Série principale des modules

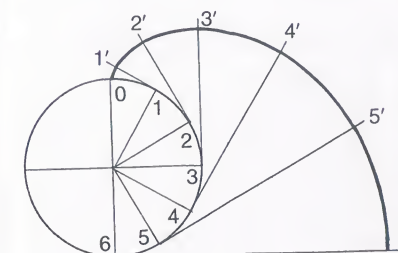
(NFE E 23-011)

0,5 - 0,6 - 0,8 - 1 - 1,25 - 1,5 - 2 - 2,5 - 3 - 4 - 5 - 6 - 8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25.

TAILLER DES ENGRENAGES CYLINDRIQUES DROITS



3 Tracé de la développante de cercle



RELATIONS ENTRE LES ÉLÉMENTS DE LA DENTURE	
$m = \frac{d}{Z}$	$h_f = 1,25 m$
$d = m \times Z$	$h = 2,25 m$
$p = m \times \pi$	$d_a = d + 2 m$
$p = \frac{\pi \times d}{Z}$	$d_a = m(Z + 2)$
$\alpha = 20^\circ$	$d_f = d - 2,5 m$
$h_a = m$	$d_f = m(Z - 2,5)$

TAILLER DES ENGRENAGES CYLINDRIQUES DROITS

16.3 CALCUL DES ÉLÉMENTS DE L'ENGRENAGE CONSIDÉRÉ

- Diamètre primitif :
 $d = m \times Z = 2 \times 40 = 80 \text{ mm.}$
- Diamètre de tête :
 $d_a = m \times (Z + 2) = 2 \times (40 + 2) = 84 \text{ mm.}$
- Hauteur de la dent :
 $h = 2,25 m = 2,25 \times 2 = 4,5 \text{ mm.}$
- Pas : $p = m \times \pi = 2 \times 3,14 = 6,28 \text{ mm.}$

16.4 TAILLAGE

- Déterminer la méthode de division en fonction de **Z**.
- Choisir le numéro de la fraise à utiliser.
- Régler la position de la fraise.

16.41 CHOIX DE LA FRAISE MODULE

Le profil de la dent, donc de la développante de cercle, varie avec le module **m** et le nombre de dents à tailler **Z**. Théoriquement, il faut pour

un même module, une fraise pour chaque nombre de dents **Z** à tailler. Pratiquement, les nombres de dents à tailler ont été groupés en 8 paliers jusqu'au module 10 inclus (voir tableau) et 15 paliers au-dessus du module 10.

16.42 MONTAGE DE LA PIÈCE

La roue à tailler est montée sur un diviseur, en l'air, ou généralement sur un mandrin cylindrique placé entre les pointes du diviseur et de la contre-pointe.

16.43 RÉGLAGE DE LA FRAISE

Il faut situer l'axe de symétrie du profil de la fraise dans le plan vertical passant par l'axe de la roue à tailler.









Réglage à l'équerre

Déplacer le chariot transversal, de manière à obtenir la cote **X** (fig. 6).

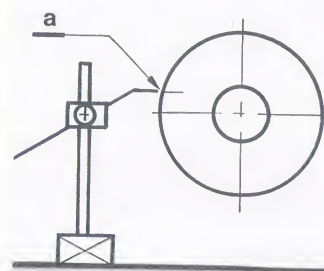
Réglage au tracé

■ Régler la pointe du trusquin sensiblement à hauteur de l'axe du diviseur.

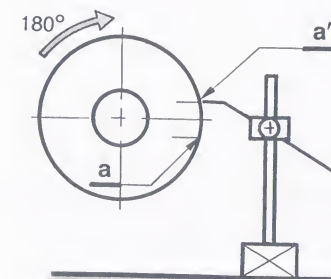
TAILLER DES ENGRENAGES CYLINDRIQUES DROITS

Profil de la dent								
N° de la fraise	1	2	3	4	5	6	7	8
Z Nombre de dents à tailler	12 à 13	14 à 16	17 à 20	21 à 25	26 à 34	35 à 54	55 à 134	135 à ∞

4

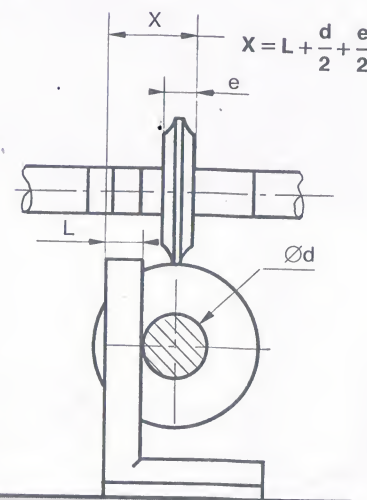


5

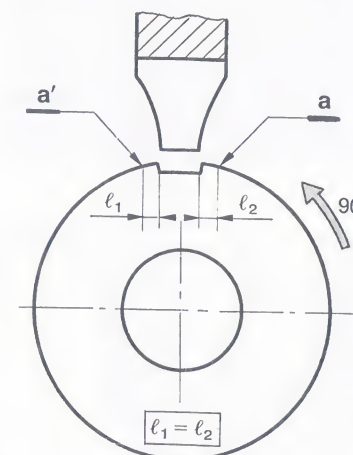


Réglage au tracé

6



7



Réglage à l'équerre

TAILLER DES ENGRENAGES CYLINDRIQUES DROITS

■ Tracer une première génératrice **a** sur la roue à tailler (fig. 4). Faire évoluer la broche du diviseur de 180° pour tracer la deuxième génératrice **a'** (fig. 5).

■ Évoluer de 90° de manière à situer le tracé des deux génératrices vers le haut (fig. 7). Déplacer le C.T. pour situer le profil de la fraise au milieu de **aa'**.

■ Effectuer une passe sur quelques millimètres pour observer le désaxage.

■ Évaluer le désaxage et apporter la correction nécessaire pour avoir $\ell_1 = \ell_2$ (fig. 7).

16.44 RÉGLAGE DE LA PROFONDEUR DE PASSE

La profondeur de passe **ap** correspond à la hauteur **h** de la dent ($h = 2,25m$). Cependant, pour obtenir un taillage précis, il faut prévoir deux passes : une passe d'ébau-

che, $ap_1 = \frac{4}{5}$ de **h**; une passe de finition, $ap_2 = \frac{1}{5}$ de **h**.

16.5 ÉLÉMENTS DU CONTRÔLE

Le contrôle du taillage d'un engrenage avec fraise module se résume à la mesure de l'épaisseur des dents et du pas circonférentiel.

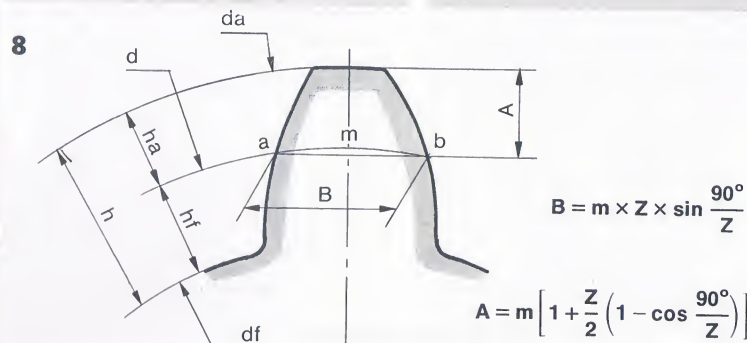
16.51 MESURE DE L'ÉPAISSEUR DES DENTS

16.511 DÉFINITION

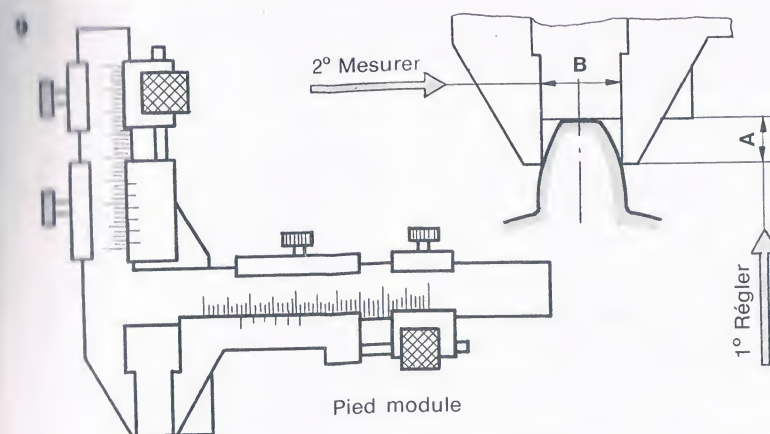
La mesure a lieu exactement sur le diamètre primitif : l'épaisseur de la dent est l'arc de cercle **amb** compris entre les deux flancs de la dent.

$$\text{Arc } \widehat{amb} = \frac{\text{Pas}}{2} = \frac{\pi m}{2}$$

■ Le contrôle se rapporte à deux cotes : **A** et **B** (fig. 8). Il s'effectue avec un pied module (fig. 9).



TAILLER DES ENGRENAGES CYLINDRIQUES DROITS



Z	A	B	Z	A	B	Z	A	B
6	1,1022	1,5529	23	1,0268	1,5696	50	1,0123	1,5705
7	1,0878	1,5576	24	1,0257	1,5697	55	1,0112	1,5706
8	1,0769	1,5607	25	1,0247	1,5698	60	1,0103	1,5706
9	1,0684	1,5628	26	1,0237	1,5699	65	1,0095	1,5706
10	1,0616	1,5643	27	1,0223	1,5699	70	1,0088	1,5707
11	1,0560	1,5653	28	1,0219	1,5700	80	1,0077	1,5707
12	1,0513	1,5663	29	1,0212	1,5700	90	1,0069	1,5707
13	1,0474	1,5670	30	1,0205	1,5701	100	1,0062	1,5707
14	1,0440	1,5675	32	1,0193	1,5702	110	1,0056	1,5707
15	1,0411	1,5679	34	1,0181	1,5702	120	1,0051	1,5707
16	1,0385	1,5683	35	1,0176	1,5702	127	1,0049	1,5708
17	1,0362	1,5686	36	1,0171	1,5703	130	1,0047	1,5708
18	1,0342	1,5688	38	1,0162	1,5703	135	1,0045	1,5708
19	1,0324	1,5690	40	1,0154	1,5704	140	1,0044	1,5708
20	1,0308	1,5692	42	1,0147	1,5704	160	1,0039	1,5708
21	1,0294	1,5693	45	1,0137	1,5705	180	1,0034	1,5708
22	1,0280	1,5695	48	1,0128	1,5705	Crém.	1	1,5708

TAILLER DES ENGRENAGES CYLINDRIQUES DROITS

16.512 APPLICATION

Pour l'engrenage considéré, d'après le tableau page précédente, nous aurons :

$$A = 1,0154 \times 2 = 2,03 \text{ mm};$$

$$B = 1,5704 \times 2 = 3,14 \text{ mm}.$$

REMARQUE

■ Pour un nombre de dents Z à tailler très grand, on admet :

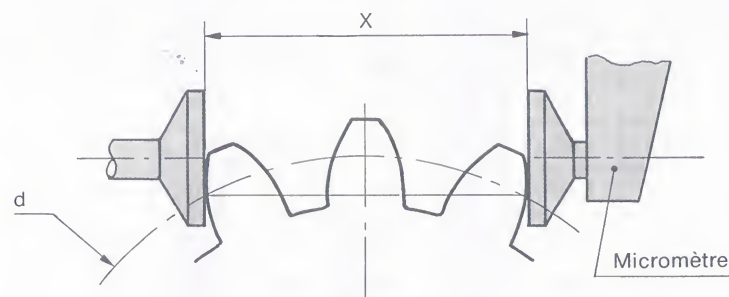
$$A = ha \text{ et } B = \frac{\pi m}{2}.$$

16.52 MESURE DU PAS CIRCONFÉRENTIEL

Elle consiste à mesurer un écartement X de plusieurs dents N correspondant à une corde du diamètre primitif (fig. 10).

10

Contrôle avec micromètre à plateaux



$$X = m [2,952 (N - 0,5) + 0,014 Z]$$

$$\text{Avec } N = \frac{Z}{9} \text{ par excès}$$

TAILLER DES ENGRENAGES CYLINDRIQUES DROITS

TABLEAU DE CONVERSION, $\alpha 20^\circ$, $m = 1$. ENGRÈMENT SANS JEU

Z	X	N	Z	X	N	Z	X	N
10	4,5683	2	39	13,8308	5	68	23,0933	8
11	4,5823	2	40	13,8448	5	69	23,1074	8
12	4,5963	2	41	13,8588	5	70	23,1214	8
13	4,6103	2	42	13,8728	5	71	23,1354	8
14	4,6243	2	43	13,8868	5	72	23,1494	8
15	4,6383	2	44	13,9008	5	73	26,1155	9
16	4,6523	2	45	13,9148	5	74	26,1295	9
17	4,6663	2	46	16,8810	6	75	26,1435	9
18	4,6803	2	47	16,8950	6	76	26,1575	9
19	7,6464	3	48	16,9090	6	77	26,1715	9
20	7,6604	3	49	16,9230	6	78	26,1855	9
21	7,6744	3	50	16,9370	6	79	26,1995	9
22	7,6884	3	51	16,9510	6	80	26,2135	9
23	7,7025	3	52	16,9650	6	81	26,2275	9
24	7,7165	3	53	16,9790	6	82	29,1937	10
25	7,7305	3	54	16,9930	6	83	29,2077	10
26	7,7445	3	55	19,9591	7	84	29,2217	10
27	7,7585	3	56	19,9732	7	85	29,2357	10
28	10,7246	4	57	19,9872	7	86	29,2497	10
29	10,7386	4	58	20,0012	7	87	29,2637	10
30	10,7526	4	59	20,0152	7	88	29,2777	10
31	10,7666	4	60	20,0292	7	89	29,2917	10
32	10,7806	4	61	20,0432	7	90	29,3057	10
33	10,7946	4	62	20,0572	7	91	32,2719	11
34	10,8086	4	63	20,0712	7	92	32,2859	11
35	10,8226	4	64	23,0373	8	93	32,2999	11
36	10,8367	4	65	23,0513	8	94	32,3139	11
37	13,8028	5	66	23,0653	8	95	32,3279	11
38	13,8168	5	67	23,0793	8	96	32,3419	11

Z = nombre de dents de la roue. N = nombre de dents à mesurer. X = cote de l'écartement des dents.

TAILLER DES ENGRENAGES CYLINDRIQUES DROITS

16.6 MODE OPÉRATOIRE

16.61 MONTAGE DE LA PIÈCE SUR LE DIVISEUR

- Régler la contre-pointe du diviseur et monter la pièce sur un mandrin.
- Vérifier le diamètre de tête d_a et la coaxialité (fig. 11).

16.62 RÉGLAGE DU DIVISEUR

Pour l'engrenage considéré, poser le rapport :

$$\frac{K}{Z} = \frac{60}{40} = 1 \text{ tr } \frac{20}{40} = 1 \text{ tr } \frac{10}{20}.$$

Soit 1 tour plus 10 intervalles sur la rangée de 20 trous, plateau n° 1.

16.63 MONTAGE DE LA FRAISE

- Monter la fraise module 2 n° 6 choisie (voir tableau page 117).
- Régler la vitesse de rotation pour $V_c = 15 \text{ m/min}$.
- Régler l'avance par minute V_f en prenant $f_z = 0,05$ par dent.
- Centrer la fraise suivant l'une des deux méthodes décrites.
- Prendre le repère vertical.

16.64 TAILLAGE

- Calculer la profondeur de passe pour l'ébauche $ap_1 = \frac{4}{5} h$ ($h = 2,25 \text{ mm} = 4,5 \text{ mm}$).
- Monter le C.V. de $ap_1 = \frac{4}{5} \times 4,5 = 3,6 \text{ mm}$ et tailler le premier creux.
- Effectuer à la manivelle pointeau 1 tour + 10 intervalles.
- Tailler le creux suivant et répéter l'opération sur un tour de la broche.
- Changer la vitesse de rotation et l'avance (prendre $V_c = 18 \text{ m/min}$ et $f_z = 0,02$).
- Monter le C.V. de 0,5 mm, tailler 2 creux pour contrôler au pied module.
- Déterminer la profondeur de passe pour la finition.

- Après réglage et vérification de l'épaisseur de la première dent, terminer le taillage en veillant à la régularité de la division.

REMARQUES

- Bloquer la broche du diviseur à chaque division.
- Lubrifier pour éviter les déformations.

TAILLER DES ENGRENAGES CYLINDRIQUES DROITS

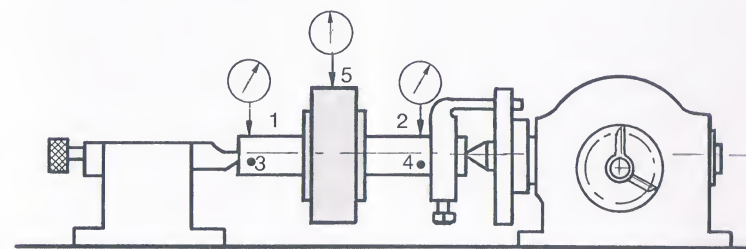
- En finition, arrêter la rotation de la fraise pour ramener la table en position de départ d'usinage.

- On n'obtient qu'un profil approché de la denture.

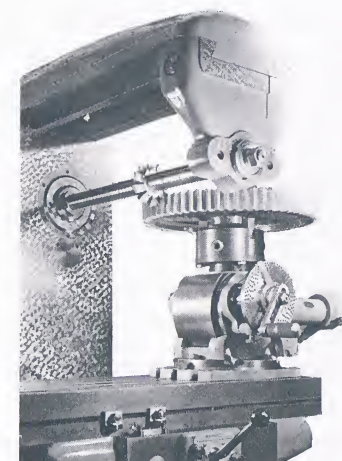
- Procédé de taillage très lent, à n'utiliser que pour des travaux unitaires.

11

Montage de la pièce sur le diviseur



Taillage d'un engrenage sur un diviseur en position broche verticale



Cl. L.M.R. Ph. Bérard.

TAILLER DES ENGRENAGES CYLINDRIQUES HÉLICOÏDAUX

17.1 PROBLÈME TECHNIQUE

Soit à tailler, avec une fraise module, un engrenage hélicoïdal de $Z = 25$ dents; au module réel $mn = 2$; angle d'hélice $\beta = 30^\circ$; hélice à gauche; sur une fraiseuse universelle; pas de la vis de la table $P_v = 5$ mm. On dispose d'un diviseur universel $K = 40$, comprenant 3 plateaux à trous (voir § 11.7).
Roues disponibles : 24 - 24 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 - 55 - 60 - 65 - 70 - 80 - 100.

17.2 DÉFINITION (fig. 1)

Dans les engrenages hélicoïdaux, les dents sont inclinées et enroulées en hélice autour du cylindre de pied.

■ Angle d'hélice β

Angle de la tangente à l'hélice primitive avec la génératrice du cylindre primitif.

■ Pas apparent pt

Longueur de l'arc de cercle primitif compris entre deux profils homologues consécutifs. Le module correspondant est le **module apparent mt** .

■ Pas réel pn

Pas mesuré sur une hélice normale à l'hélice primitive (fig. 1). Le module correspondant est le **module réel mn** .

17.3 CALCUL DES ÉLÉMENTS DE L'ENGRENAGE CONSIDÉRÉ

Le calcul débute par la recherche du module apparent mt .

■ Module apparent

$$mt = \frac{mn}{\cos \beta} = \frac{2}{\cos 30^\circ} = \frac{2}{0,866} = 2,309 \text{ soit } 2,31.$$

■ Diamètre primitif

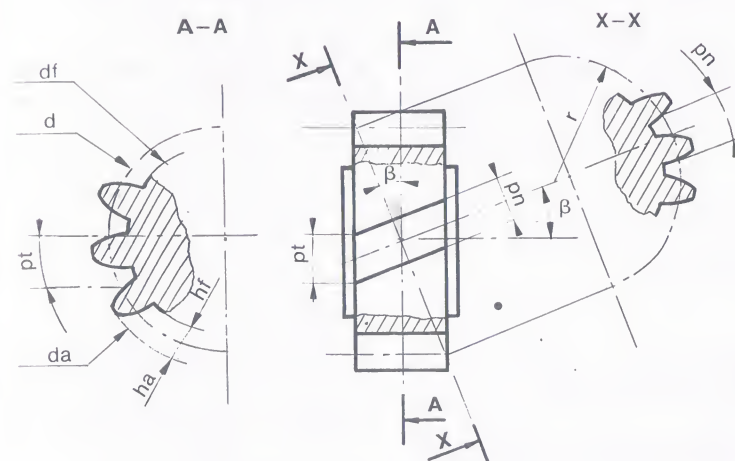
$$d = mt \times Z = 2,31 \times 25 = 57,75 \text{ mm.}$$

■ Diamètre de tête

$$da = d + 2 mn = 57,75 + (2 \times 2) = 61,75 \text{ mm.}$$

TAILLER DES ENGRENAGES CYLINDRIQUES HÉLICOÏDAUX

1



RELATIONS ENTRE LES ÉLÉMENTS DE LA DENTURE

Module apparent	$mt = \frac{d}{Z}$	Module réel	$mn = \frac{mt \times \pi \times \cos \beta}{\pi}$
Diamètre primitif	$d = mt \times Z$	Module réel	$mn = mt \times \cos \beta$
Pas apparent	$pt = \frac{\pi \times d}{Z}$	Module apparent	$mt = \frac{mn}{\cos \beta}$
Pas apparent	$pt = mt \times \pi$	Diamètre primitif	$d = \frac{mn}{\cos \beta} \times Z$
Pas réel	$pn = mn \times \pi$	Diamètre de tête	$da = d + 2 mn$
Module réel	$mn = \frac{pn}{\pi}$	Diamètre de pied	$df = d - 2,5 mn$
Pas réel	$pn = pt \times \cos \beta$	Hauteur de la dent	$h = 2,25 mn$
Module réel	$mn = \frac{pt \times \cos \beta}{\pi}$	Pas de l'hélice	$Ph = \pi d \times \cotan \beta$

■ Hauteur de la dent $h = 2,25 \text{ mn}$
 $= 2,25 \times 2 = 4,5 \text{ mm}$.

■ Pas réel $pn = mn \times \pi$
 $= 2 \times 3,14 = 6,28 \text{ mm}$.

■ Pas de l'hélice

$Ph = \pi d \times \cotg \beta$ (chap. 14).

$Ph = 3,14 \times 57,75 \times \cotg 30^\circ$
 $= 3,14 \times 57,75 \times 1,732$
 $= 314,07 \text{ mm}$.

17.4 TAILLAGE

17.41 PROBLÈMES À RÉSOUDRE

■ **Calculer** la division simple en fonction de Z .

■ **Choisir** le numéro de la fraise module à utiliser.

■ **Régler** la position de la fraise (angle d'hélice β et centrage).

■ **Déterminer** le montage de roues.

17.42 CHOIX DE LA FRAISE

La fraise module est choisie d'après le module réel mn de l'engrenage et d'un nombre fictif de dents Z_t , correspondant au rayon de courbure r de la section du cylindre primitif par un plan normal à la denture (fig. 1).

Le nombre fictif de dents est donné par la relation :

$$Z_t = \frac{Z}{\cos^3 \beta}$$

■ Nombre fictif de dents de l'engrenage considéré :

$$Z_t = \frac{Z}{\cos^3 \beta} = \frac{25}{\cos^3 30^\circ}$$

$$= \frac{25}{0,866^3} = \frac{25}{0,6495} = 38,49;$$

soit **38 dents**.

■ La fraise choisie devra comporter les inscriptions suivantes : **Fraise module 2, n° 6 de 35 à 54 dents**.

17.43 INCLINAISON ET CENTRAGE DE LA FRAISE

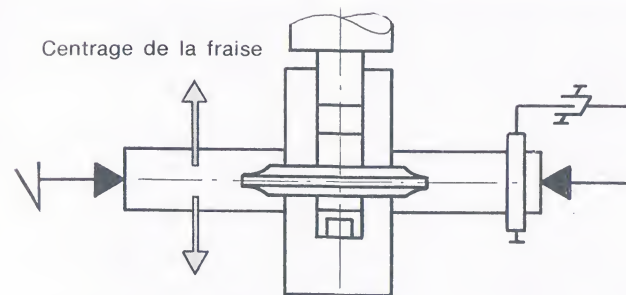
Le réglage de l'inclinaison de la fraise et son centrage diffèrent suivant la méthode et le type de fraiseuse.

17.431 FRAISEUSE HORIZONTALE AVEC TABLE PIVOTANTE

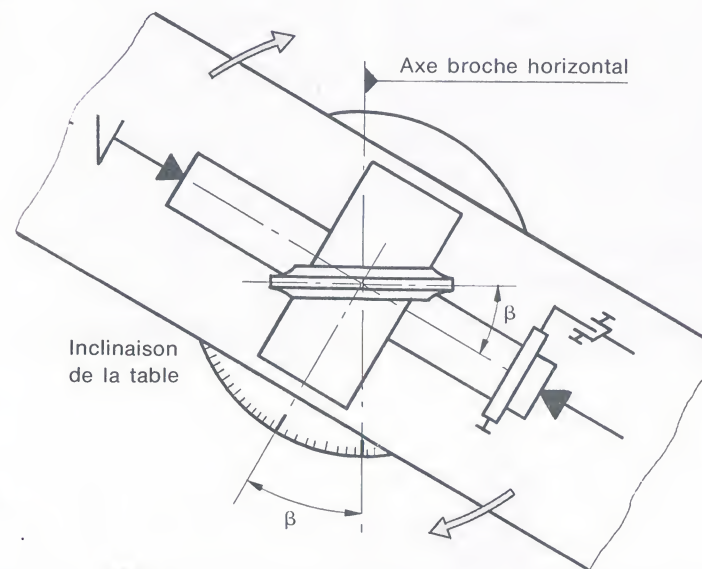
Il faut orienter la table porte-pièce de l'angle d'hélice β à tailler.

■ La table étant dans sa position normale, centrer la fraise (fig. 2).

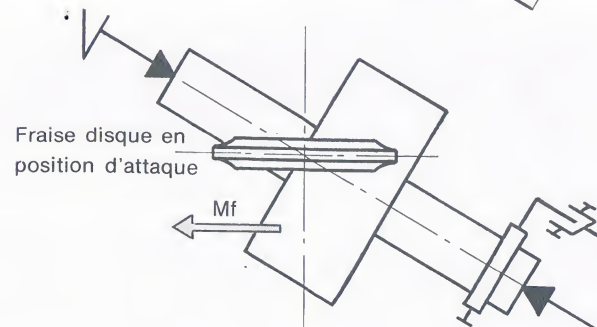
2



3



4



TAILLER DES ENGRENAGES CYLINDRIQUES HÉLICOÏDAUX

■ L'axe de pivotement de la table se trouvant toujours dans le plan vertical de l'axe de la broche, incliner la table de l'angle β (fig. 3) et placer la fraise en position d'attaque (fig. 4).

17.432 FRAISEUSE VERTICALE À TÊTE PIVOTANTE

■ Il faut orienter la tête pivotante de l'angle d'hélice β (fig. 5).

■ Le réglage de la fraise s'effectue en pratiquant une légère empreinte sur la pièce (fig. 6).

17.433 FRAISEUSE À TÊTE UNIVERSELLE

■ Sur les fraiseuses de ce type,

l'arbre porte-fraise peut être incliné de l'angle d'hélice β dans un plan horizontal.

■ Le réglage de la fraise s'effectue de la même manière que précédemment, mais avec le tracé décalé de 90° vers le haut (voir photo p. 129).

17.44 CALCUL DES ROUES À MONTER

Appliquons la relation :

$$\frac{P_h}{P_v \times K} = \frac{A}{B} \times \frac{C}{D} =$$

$$\frac{314}{5 \times 40} = \frac{314}{200} = \frac{157}{100} \text{ (fraction irréductible).}$$

Calculons les réduites :

	157	100	57	43	14	1	0
	1	1	1	3	14		
$\frac{0}{1}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{11}{7}$	$\frac{157}{100}$	

Prenons la réduite $\frac{11}{7}$.

$$\frac{11}{7} \times \frac{1}{1} = \frac{55}{35} \times \frac{24}{24} = \frac{Z_A}{Z_B} \times \frac{Z_C}{Z_D}$$

Pas obtenu :

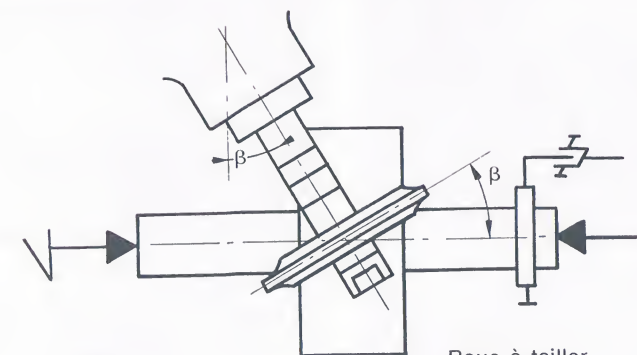
$$\frac{55}{35} \times \frac{24}{24} \times 200 = 314,28 \text{ mm.}$$

17.5 ÉLÉMENTS DE CONTRÔLE DE LA DENTURE

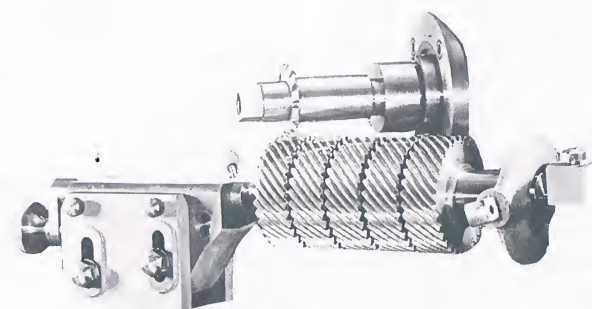
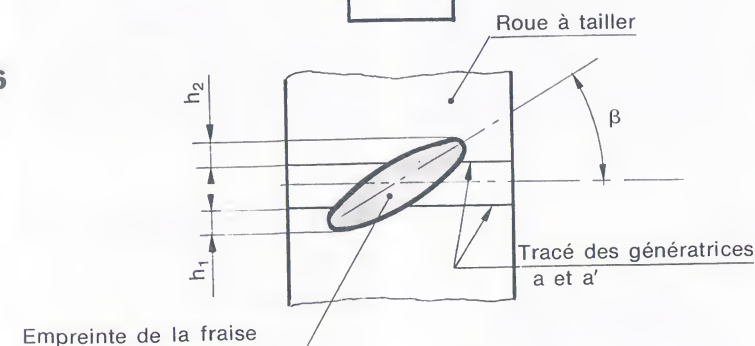
Les contrôles pour denture droite s'appliquent aux engrenages hélicoï-

TAILLER DES ENGRENAGES CYLINDRIQUES HÉLICOÏDAUX

5



6



Cl. L.M.R. Ph. Bérard, Nice.

daux, mais les dimensions des dents sont prises, sur le diamètre primitif, normalement à l'hélice selon la désignation du pas réel p_n et du module réel m_n .

Pour l'engrenage considéré, les tableaux du chapitre 15 nous donnent :

■ Épaisseur de la dent :

$$A = 1,0247 \times 2 = \mathbf{2,049 \text{ mm.}}$$

$$B = 1,5698 \times 2 = \mathbf{3,1396 \text{ mm.}}$$

■ Mesure du pas :

$$X = 7,7304 \times 2 = \mathbf{15,4608 \text{ mm.}}$$

(Mesure sur 3 dents.)

17.6 MODE OPÉRATOIRE

17.61 MONTAGE DE LA PIÈCE SUR LE DIVISEUR

■ Régler la contre-pointe du diviseur et monter la pièce sur un mandrin.

■ Vérifier le diamètre de tête d_a et la coaxialité.

17.62 RÉGLAGE DU DIVISEUR

■ Pour une division simple, poser le rapport :

$$\frac{K}{Z} = \frac{40}{25} = 1 \text{ tr } \frac{3}{5} = 1 \text{ tr } \frac{12}{20}.$$

■ Effectuer un tour, plus 12 intervalles sur rangée de 20 trous, plateau n° 1.

17.63 MONTAGE DE LA FRAISE

■ Monter la fraise choisie module 2 n° 6, et régler la vitesse de rotation pour $V_c = 15 \text{ m/min.}$

■ Régler l'avance par minute V_f en prenant $f_z = 0,05$ par dent.

■ Incliner la broche de l'angle d'hélice $\beta = 30^\circ$ et centrer la fraise (fig. 5 et 6).

17.64 MONTAGE DES ROUES

■ Monter la lyre et placer les roues déterminées précédemment.

Roues menantes A = 55 dents	} (Voir § 15.22.)
et C = 24 dents.	
Roues menées B = 35 dents	
et D = 24 dents.	

■ Retirer le verrou d'immobilisation du plateau à trous.

■ Vérifier le sens de l'hélice (à gauche) et le pas de l'hélice (voir § 15.24 et 15.33).

17.65 TAILLAGE

■ Calculer la profondeur de passe pour l'ébauche $a_{p1} = \frac{4}{5} h.$

■ Prendre passe au C.T. de

$$a_{p1} = \frac{4}{5} \times 4,5 = 3,6 \text{ mm.}$$

Tailler le premier creux.

■ La passe terminée, dégager la fraise au C.T. et ramener la table en position départ.

■ Reprendre le repère au C.T. et évoluer à la manivelle pointeau de 1 tour plus 12 intervalles.

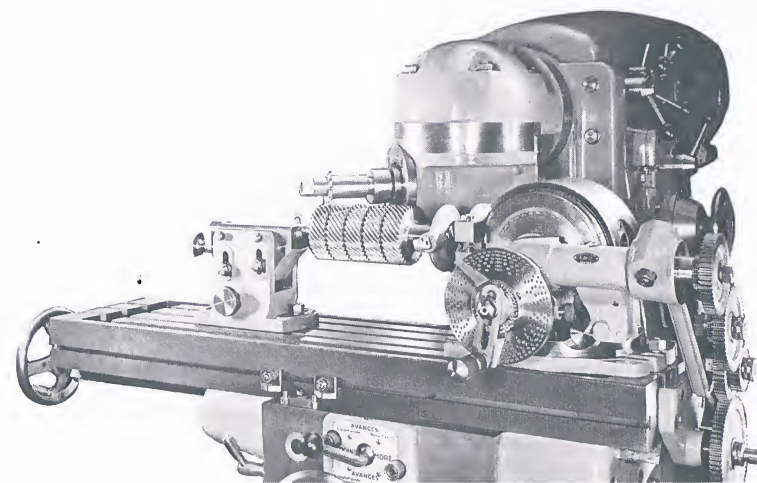
■ Tailler le creux suivant et répéter l'opération sur un tour de la broche.

■ Changer la fréquence de rotation et l'avance (prendre $V_c = 18 \text{ m/min,}$ $f_z = 0,02$).

■ Déplacer le C.T. de 0,5 mm, tailler deux creux pour contrôler au pied module.

■ Déterminer la profondeur de passe a_{p2} pour la finition.

■ Après réglage et vérification de l'épaisseur de la première dent, terminer le taillage en veillant à la régularité de la division.



Cl. L.M.R. Ph. Bérard.

18.1 SPIRALE D'ARCHIMÈDE (fig. 1)

18.11 DÉFINITION

Courbe engendrée par un point tournant autour d'un point origine O et s'écartant de ce dernier de quantités proportionnelles aux angles décrits.

18.12 PAS P_s

Différence des rayons ($R - r$) pour une rotation de 360° .

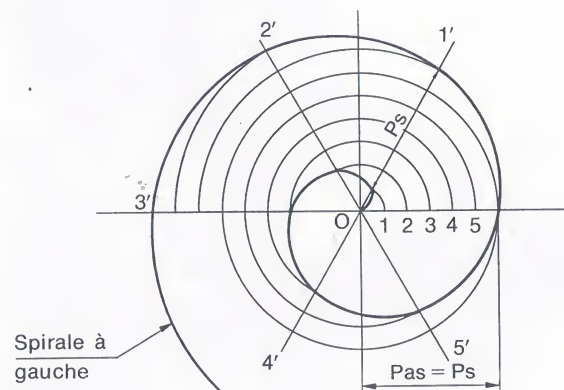
18.13 SENS

La spirale est **à droite**, lorsqu'elle s'éloigne de son origine en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre. Elle est dite **à gauche** dans le sens inverse.

18.14 UTILISATION

Le profil en spirale d'Archimède est souvent employé pour la réalisation des **comes**. Celles-ci sont utilisées pour transformer un mouvement de rotation en un mouvement de translation rectiligne. (Avance des outils sur un tour à décolleter, ou déplacement d'un chariot sur une machine automatique, etc.)

1



18.2 FRAISAGE D'UNE CAME-DISQUE

Elle est très couramment usinée en fraisage. La came est fraisée à partir d'un disque tourné d'après le plus grand rayon R de l'arc en spirale.

18.21 PORTE-PIÈCE

L'exécution d'un profil en spirale d'Archimède est similaire à celui d'une hélice. On utilise donc le diviseur universel, équipé pour le fraisage hélicoïdal.

18.22 MONTAGE DE LA PIÈCE

La came est montée sur un arbre lisse, ce dernier étant serré dans le mandrin trois mors du diviseur.

18.23 OUTIL

La came est usinée par travail d'enveloppe, avec une fraise cylindrique 2 tailles.

18.24 GÉNÉRATION DE LA SPIRALE

La pièce est animée d'un mouvement circulaire uniforme transmis par le diviseur, et d'un mouvement d'avance rectiligne uniforme transmis par le C.L.

18.3 PROCÉDÉS DE FRAISAGE

Le fraisage des comes peut se réaliser de deux façons.

18.31 FRAISAGE AVEC BROCHES VERTICALES

Ce procédé est utilisé lorsque les roues disponibles permettent la réalisation du pas à exécuter.

18.32 FRAISAGE AVEC BROCHES INCLINÉES

Ce procédé est utilisé lorsque l'on ne peut réaliser le pas à exécuter avec les roues disponibles. La broche du diviseur et la broche de la machine sont orientées d'un angle α .

18.4 APPLICATIONS

18.41 1^{er} PROBLÈME

Soit à fraiser une came-disque au pas $P_s = 32$ mm (fig. 2), sur un diviseur $K = 40$, pas de la vis de la fraiseuse $P_v = 5$ mm. Roues disponibles : 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 - 55 - 60 - 65 - 70 - 75 - 80 - 85 - 90 - 95 - 100 dents.

■ Calculer les roues à monter pour réaliser le pas P_s .

Solution

$$\frac{P_s}{P_v \times K} = \frac{32}{5 \times 40} = \frac{32}{200} = \frac{4}{25} = \frac{2}{5} \times \frac{2}{5}$$

$$= \frac{20}{50} \times \frac{40}{100} = \frac{A}{B} \times \frac{C}{D}$$

18.411 CHAÎNE CINÉMATIQUE

On procède par fraissage avec **broche verticale** (fig. 3).

18.412 VÉRIFICATION DU SENS DE LA SPIRE

Avant de procéder à l'opération d'usinage de la came, il faut vérifier que la spire se développe suivant le sens désiré et que le fraisage se fasse en opposition. Dans le cas contraire, intercaler une roue supplémentaire

d'un nombre de dents quelconque, entre les roues A et B ou entre les roues C et D. Cette roue n'affectera pas le rapport calculé, mais inversera le sens de rotation de la pièce, donc celui de la spire.

18.413 VÉRIFICATION DU PAS

(Voir § 15.32.)

18.42 2^e PROBLÈME

Soit à fraiser une came-disque, épaisseur $e = 18$ mm, donnant un avancement de 9 mm pour une rotation de 140° (fig. 4).

Diviseur $K = 40$, pas de la vis de la fraiseuse $P_v = 5$ mm.

Roues disponibles : voir § 18.41.

■ Calculer le pas P_s de la came.

■ Calculer les roues à monter pour réaliser le pas P_s .

18.421 ÉTUDE DU PROBLÈME

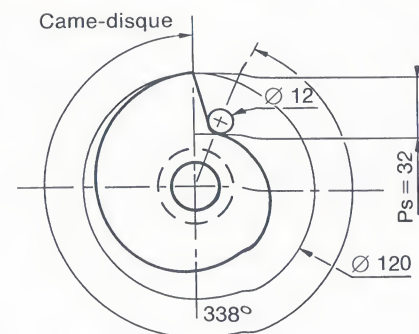
Pas de la came

L'avancement est de 9 mm pour 140° ; pour 1° , il est de $\frac{9}{140}$;

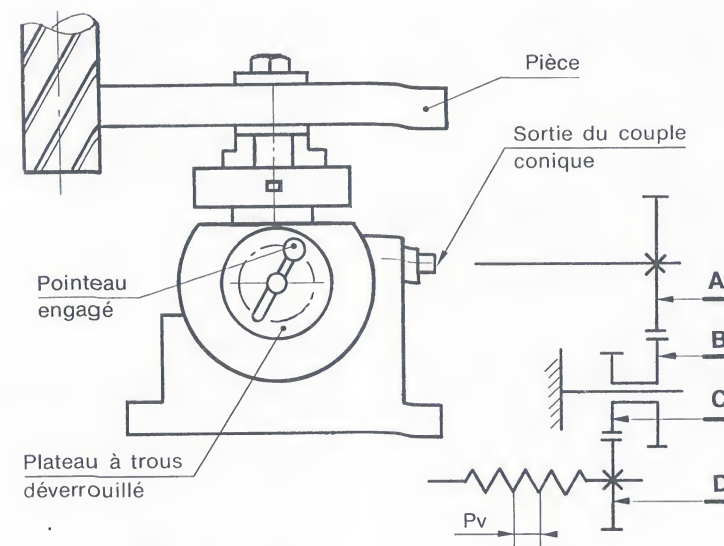
pour 360° , il sera 360 fois plus grand, soit :

$$P_s = \frac{9 \times 360}{140} = 23,14 \text{ mm.}$$

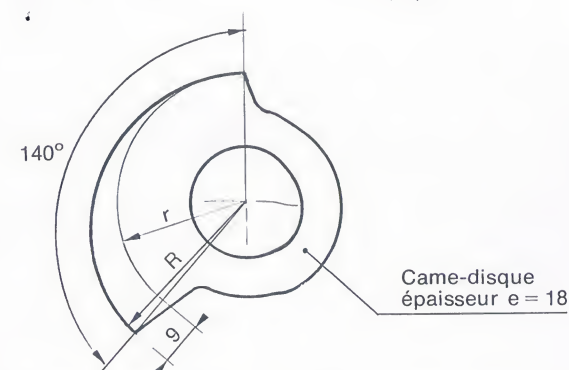
2



3



4



■ Roues à monter :

$$\frac{P_s}{P_v \times K} = \frac{A}{B} \times \frac{C}{D}$$

$$= \frac{23,14}{5 \times 40} = \frac{23,14}{200} = \frac{1157}{10000}$$

$$= \frac{89}{100} \times \frac{13}{100}$$

Les roues de 89 dents et 13 dents n'existent pas : on ne peut réaliser la liaison cinématique entre la vis de la table et l'arbre du couple conique. Procédons par fraisage avec **broche inclinée** (fig. 5).

18.422 MÉTHODE

■ **Choisir un pas P's** réalisable avec les roues disponibles.

■ P's > P_s et P's le plus proche de P_s, **soit 24 mm**.

■ **Incliner la broche** du diviseur et la broche de la machine d'un angle α défini par (fig. 5) :

$$\sin \alpha = \frac{P_s}{P's}$$

■ **Définir** la longueur utile minimale de la fraise. En effet, au cours de l'usinage, la came remonte le long de la génératrice de la fraise d'une quantité égale à $h + e$ (fig. 5) ;

$$\cos \alpha = \frac{h}{P's}, \text{ d'où : } h = P's \times \cos \alpha.$$

Longueur utile de la fraise :

$$Lu = (P's \times \cos \alpha) + e.$$

■ **Calculer** les roues à monter :

$$\frac{P's}{P_v \times K} = \frac{24}{5 \times 40}$$

$$= \frac{24}{200} = \frac{3}{25} = \frac{1}{5} \times \frac{3}{5}$$

$$= \frac{20}{100} \times \frac{45}{75} = \frac{A}{B} \times \frac{C}{D}$$

■ **Correction de l'erreur** : il faut corriger l'erreur commise, le pas monté P's ne correspondant pas au pas P_s exigé. Inclignons la broche du diviseur, et celle de la machine d'un angle α .

$$\sin \alpha = \frac{P_s}{P's} = \frac{23,14}{24} = 0,9641;$$

$$\text{d'où } \alpha = 74^\circ 40'.$$

■ Longueur minimale de la fraise :

$$Lu = (P's \times \cos \alpha) + e$$

$$= (24 \times \cos 74^\circ 40') + 18$$

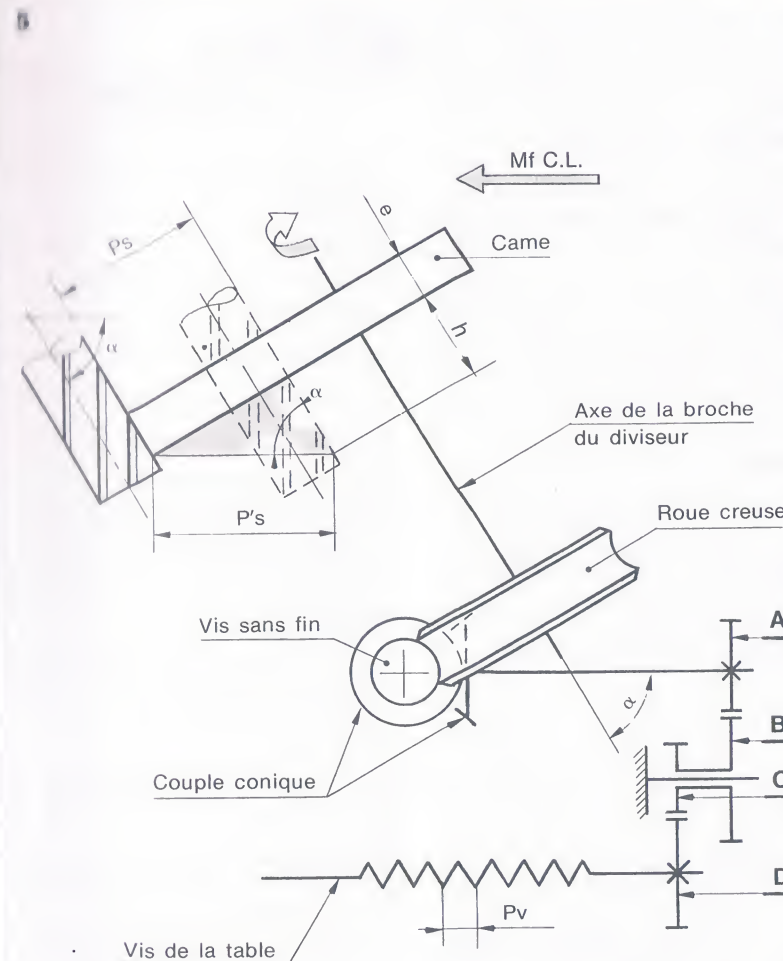
$$(24 \times 0,2644) + 18 = 6,34 + 18$$

$$= 24,34 \text{ mm} = Lu.$$

18.5 PRÉCAUTIONS

■ Vérifier la coaxialité broche-fraiseuse et pièce avant l'usinage.

■ Commencer l'usinage d'une came en fraisage, broche inclinée, par



P _s	Pas de la came
P's	Pas réalisable
h	Glissement de l'outil $h = P's \times \cos \alpha$
e	Épaisseur de la came
α	Angle d'inclinaison des broches $\sin \alpha = \frac{P_s}{P's}$

l'extrémité de la fraise et prévoir un dégagement suffisant en dessous de la pièce pour éviter le risque d'usiner les mors du mandrin.

■ Pour réduire la longueur utile L_u de l'outil, il faut essayer de rapprocher le plus possible les axes des broches de la verticale. Pour ce faire, choisir P_s le plus proche de P_s , et bien sûr, P_s réalisable en ce qui concerne le montage de roues.

Exemple

■ Si $P_s = 30,80$ et $P'_s = 34$;
 $\sin \alpha = \frac{P_s}{P'_s} = \frac{30,80}{34} = 0,9058$;
 d'où $\alpha = 64^\circ 55'$.

■ Si $P_s = 30,80$ et $P'_s = 32$;
 $\sin \alpha = \frac{P_s}{P'_s} = \frac{30,80}{32} = 0,9625$;
 d'où $\alpha = 74^\circ 15'$.

■ Prendre $P'_s = 32$, ce qui permet d'orienter les broches à
 $\alpha = 74^\circ 15' > \alpha = 64^\circ 55'$.

■ L'usinage de la came doit être réalisé manuellement, au moyen de la manivelle du diviseur, le pointeau étant engagé dans un trou du plateau. Le pas d'une came étant trop faible, le fraisage automatique ne peut être envisagé.

18.6 MODE OPÉRATOIRE

Soit à fraiser la came préalablement tracée (fig. 2).

Diviseur $K = 40$, pas de la vis du C.L. $P_v = 5$ mm. La broche du diviseur et la broche de la machine sont dans une position verticale.

■ Le disque cylindrique $\varnothing 120$ étant monté sur un arbre lisse, lui-même serré dans le mandrin du diviseur, vérifier la coaxialité de la broche de la machine et de la pièce. Prendre le repère O au C.T. et l'immobiliser.

■ Monter les roues A (20 dents), B (50 dents), C (40 dents), D (100 dents) (fig. 3).

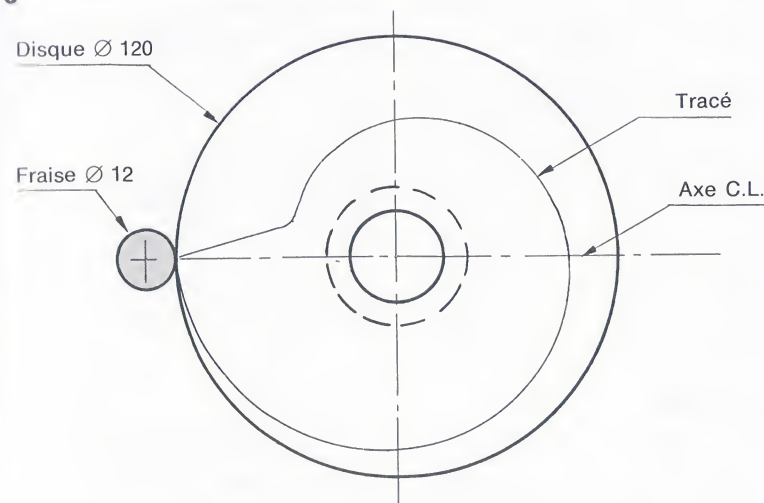
■ Débrayer le verrou du plateau à trous du diviseur.

■ Vérifier le pas de la spirale $P_s = 32$ mm (voir § 15.32), le sens ainsi que le fraisage en opposition (voir § 18.412).

■ Monter une fraise cylindrique deux tailles $\varnothing 12$.

■ Désaccoupler la roue C de la roue D, en relevant la lyre, pour débrayer la liaison cinématique entre la vis du C.L. et l'arbre du couple conique.

6



7 Ébauche de la spirale

